

SÉRIE A, N° 803

N° D'ORDRE :

1596

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Léopold NÈGRE

DOCTEUR EN MÉDECINE, LICENCIÉ ÈS SCIENCES NATURELLES

CHEF DE LABORATOIRE A L'INSTITUT PASTEUR D'ALGÉRIE

1^{re} THÈSE. — CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES MICROBES THERMOPHILES.
ÉTUDE BIOLOGIQUE DE LA FLORE BACTÉRIENNE THERMOPHILE DU SAHARA

2^e THÈSE. — RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR L'ÉVOLUTION
DE LA SARCOSPORIDIE DE LA SOURIS

*Soutenues le 26 juin 1918 devant la Commission
d'examen*

MM.

Président : M. CAULLERY.

Examineurs : M. MOLLIARD.

P. PORTIER.

LAVAL

L. BARNÉOUD ET C^{ie}, IMPRIMEURS

1918

22

SÉRIE A, N° 803

N° D'ORDRE :

1596

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Léopold NÈGRE

DOCTEUR EN MÉDECINE, LICENCIÉ ÈS SCIENCES NATURELLES
CHEF DE LABORATOIRE A L'INSTITUT PASTEUR D'ALGÉRIE

1^{re} THÈSE. — CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES MICROBES THERMOPHILES.
ÉTUDE BIOLOGIQUE DE LA FLORE BACTÉRIENNE THERMOPHILE DU SAHARA

2^e THÈSE. — RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR L'ÉVOLUTION
DE LA SARCOSPORIDIE DE LA SOURIS



*Soutenues le 26 juin 1918 devant la Commission
d'examen*

MM.

Président : M. CAULLERY.
Examineurs : M. MOLLIARD.
P. PORTIER.

LAVAL

L. BARNÉOUD ET C^{ie}, IMPRIMEURS

1918

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen..... P. APPELL, *Profess.* Mécanique analytique et mécan. céleste.

Profess. honoraires. { Ch. WOLF
P. PUISEUX.

	LIPPMANN	Physique
	BOUTY.....	Physique.
	BOUSSINESQ	Phys.mathém. et calcul des probabilités.
	PICARD	Analyse supér. et algèbre supérieure.
	Y. DELAGE	Zoologie, anatomie, physiologie compar.
	G. BONNIER	Botanique.
	KOENIGS.....	Mécanique physique et expérimentale.
	VÉLAIN.....	Géographie physique.
	GOUSAT.....	Calcul différentiel et calcul intégral.
	HALLER.....	Chimie organique.
	JOANNIS.....	Chimie (Enseignement P. C. N.).
	JANET.....	Physique —
	WALLERANT.....	Minéralogie.
	ANDOYER.....	Astronomie.
	PAINLEVÉ.....	Mécanique rationnelle.
	HAUG	Géologie.
<i>Professeurs</i>	HOUSSAY.....	Zoologie.
	H. LE CHATELIER.	Chimie.
	G. BERTRAND.....	Chimie biologique.
	M ^{me} P. CURIE.....	Physique générale.
	CAULLERY	Zoologie (Evolution des êtres organisés)
	C. CHABRIÉ.....	Chimie appliquée.
	G. URBAIN.....	Chimie
	EMILE BOREL	Théorie des fonctions.
	MARCHIS.....	Aviation.
	JEAN PERRIN.....	Chimie physique.
	G. PRUVOT.....	Zoologie, anatomie, physiol. comparée
	MATRUHOT.....	Botanique.
	ABRAHAM.....	Physique.
	CARTAN.....	Calcul différentiel et calcul intégral.
	Cl. GUICHARD.....	Mathématiques générales.
	MOLLIARD.....	Physiologie végétale.
	N.....	Application de l'analyse à la géométrie.
	N.....	Histologie.
	N.....	Géométrie supérieure.
	N.....	Physiologie.
	LEDUC.....	Physique.
	MICHEL	Minéralogie.
	HEROUARD.....	Zoologie.
	LÉON BERTRAND.....	Géologie.
<i>Professeurs-adjoints.</i> {	RÉMY PERRIER.....	Zoologie (Enseignement P. C. N.).
	COTTON.....	Physique.
	LESPIEAU	Chimie.
	GENTIL.....	Pétrographie.
	SAGNAC.....	Physique (Enseignement P. C. N.).
	PEREZ	Zoologie (Evolution des êtres organisés).
<i>Secrétaire</i>	D. TOMBECK.	

PREMIÈRE THÈSE

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES MICROBES TERMOPHILES
ÉTUDE BIOLOGIQUE DE LA FLORE BACTÉRIENNE TERMOPHILE DU SAHARA

PREMIÈRE THÈSE

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES MICROBES THERMOPHILES

ÉTUDE BIOLOGIQUE DE LA FLORE BACTÉRIENNE TERMOPHILE DU SAHARA

INTRODUCTION

L'étude de la flore bactérienne du Sahara pouvait tenter un microbiologiste appelé à vivre en Algérie. La faune et la flore de ce grand désert ont été l'objet des recherches des explorateurs et des savants qui l'ont parcouru. Elles ont été décrites dans des monographies très complètes qui s'enrichiront encore, et elles nous ont montré dans le monde des grandes et petites bêtes, comme dans celui des plantes, des êtres vivants adaptés au milieu si spécial où ils sont appelés à vivre.

Dans le domaine des microbes, ED. SERGENT et FOLEY ont commencé l'inventaire de la pathologie saharienne par les méthodes pastoriennes.

Seuls les infiniment petits du milieu extérieur étaient restés jusqu'à présent mystérieux pour nous. Il était cependant à prévoir qu'ils ne devaient pas échapper à la loi commune et que, par leur adaptation au milieu, ils devaient surtout comprendre des bactéries pouvant vivre à des températures élevées, c'est-à-dire des bactéries thermophiles.

DE KRUYFF avait déjà vu que les bactéries thermophiles sont très abondantes sous les tropiques, non seulement quant au nombre des individus, mais aussi quant à la quantité des espèces.

Nous nous sommes proposé de chercher :

1° s'il existait des bactéries thermophiles dans les sables et dans les eaux du Sahara ;

2° d'établir dans quelle proportion elles s'y trouvaient par rapport aux microbes ordinaires ;

3° de décrire les bactéries thermophiles que nous pourrions isoler ;

4° de dégager les caractères généraux de ces microbes, en particulier dans leurs relations avec le milieu.

Notre travail a été ainsi limité à l'étude de la flore bactérienne thermophile du Sahara.

Nous n'avons pas la prétention de décrire dans ce travail toute cette flore microbienne. Les germes que nous avons isolés nous permettront cependant de nous faire une idée des caractères spéciaux de ces bactéries.

Les prélèvements de sables et d'eaux ont été faits en des points divers du Sahara. Nous avons retrouvé à plusieurs reprises des bactéries identiques. Cela permet de penser que cette flore bactérienne thermophile n'est pas extrêmement variée.

Nous avons à cœur de remercier M. le Docteur EDM. SERGENT et M. le Docteur FOLEY du service qu'ils nous ont rendu en faisant, soit dans leurs randonnées dans le désert, soit à Figui, les prélèvements qui nous ont permis de poursuivre nos recherches, et de tous les renseignements qu'ils ont bien voulu nous communiquer. Nous exprimons à M. le Docteur ROUX, à M. le Docteur CALMETTE, à MM. les Professeurs BORREL et MESNIL et à tous nos Maîtres de l'Institut Pasteur, l'assurance de notre profonde reconnaissance pour tout ce que nous avons reçu d'eux en encouragements et en conseils depuis que nous avons le privilège de travailler auprès d'eux. Que notre père, M. le Doyen DAUTHEVILLE, qui, dès notre enfance, a dirigé nos études et a contribué par son exemple à nous orienter vers la carrière scientifique, que M. le Doyen SABATIER (*in memoriam*) et tous nos Maîtres de la Faculté des Sciences de Montpellier qui ont guidé nos premiers pas dans l'étude des Sciences naturelles, que nos collègues, nos parents et nos amis reçoivent aussi le témoignage de notre gratitude pour tout ce que nous leur devons.

Le plan de ce travail est le suivant :

CHAPITRE PREMIER

NOS CONNAISSANCES ACTUELLES SUR LES BACTÉRIES THERMOPHILES

1° *Définition.*

2° *Rapports des microbes thermophiles avec les microbes ordinaires.*

3° *Isolement des bactéries thermophiles.*

4° *Morphologie des bactéries thermophiles.*

5° *Caractères biochimiques des bactéries thermophiles.*

6° *Répartition des bactéries thermophiles.*

7° *Rôle joué par les bactéries thermophiles dans la nature.*

8° *Conclusions.*

CHAPITRE II

PRÉLÈVEMENTS DES SABLES ET DES EAUX ET ISOLEMENTS DES BACTÉRIES

1° *Prélèvements.*

2° *Isolements.*

CHAPITRE III

NUMÉRATION DES GERMES DES SABLES ET DES EAUX DU SAHARA ET PROPORTION RELATIVE DES GERMES THERMOPHILES ET NON THERMOPHILES

1° *Germs des sables*

A. Nombre des germes microbiens par gramme trouvés dans les sables du Sahara.

B. Proportion des germes thermophiles et non thermophiles trouvés dans les sables

2° *Germs des eaux*

A. Nombre des germes microbiens par centimètre cube trouvés dans les eaux du Sahara.

B. Proportion des germes thermophiles et non thermophiles trouvés dans les eaux.

CHAPITRE IV

BACTÉRIES THERMOPHILES DES SABLES

- 1° *Sables d'El-Oued (Sahara constantinois).*
- 2° *Sables du Grand Erg.*
- 3° *Sables de Figuig (Sahara oranais).*
- 4° *Classification et caractères des bactéries thermophiles des sables.*

- A. Groupe des staphylocoques, tétragènes, coccobacilles.
- B. Groupe comprenant les genres *Bacillus* et *Bactérium*.

CHAPITRE V

BACTÉRIES THERMOPHILES DES EAUX PROFONDES

- 1° *Eaux de Biskra (Sahara constantinois).*
- 2° *Eaux de Figuig (Sahara oranais).*
- 3° *Eau d'Oulad Sliman (id.).*
- 4° *Eau d'Oudaghir (id.).*
- 5° *Classification et caractères des bactéries thermophiles des eaux.*
 - A. Groupe des staphylocoques, tétragènes, coccobacilles.
 - B. Groupe des vibrions.

CHAPITRE VI

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES BACTÉRIES THERMOPHILES DU SAHARA

1° *Microbes des sables*

- A. Morphologie.
- B. Température des cultures.
- C. Coloration.
- D. Aérobiose.
- E. Sporulation.
- F. Résistance à la chaleur.
- G. Résistance au sel marin.
- H. Actions biochimiques.
- I. Actions pathogènes.

2° *Microbes des eaux profondes*

- A. Morphologie.
- B. Température des cultures.
- C. Coloration.
- D. Aérobiose.
- E. Sporulation.
- F. Résistance au sel marin.
- G. Actions biochimiques.
- H. Actions pathogènes.

CHAPITRE VII

QUELQUES CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES MICROBES THERMOPHILES

1° *Répartition des microbes thermophiles à la surface du globe terrestre.*

2° *Thermobiose et aérobiose.*

3° *Thermobiose et résistance au sel marin.*

4° *Origine des bactéries thermophiles.*

CHAPITRE VIII

CONCLUSIONS

CHAPITRE PREMIER

NOS CONNAISSANCES ACTUELLES SUR LES BACTÉRIES THERMOPHILES

1° Définition

On désigne sous le nom de bactéries thermophiles les bactéries qui possèdent la propriété de vivre à des températures élevées.

En 1879, MIQUEL a découvert dans l'eau de Seine le premier microbe thermophile. C'était un bacille immobile, possédant la propriété de vivre et de se développer à la température de 70°C. Plus tard, VAN TIEGHEM isola un streptocoque et un bacille capables de vivre à 74° C. Depuis lors, de nombreux travaux ont montré que les bactéries thermophiles sont largement répandues (GLOBIG, L. RABINOVITSCH, MAC FADYEN et BLAXALL, KARLINSKI, CERTES et GARRIGOU, JEICH, etc.).

Les bactéries thermophiles ne se distinguent des autres microbes que par les températures élevées auxquelles elles se laissent cultiver.

Les bactéries les plus communément répandues ont comme température optima 22-25° (bactéries saprophytes de l'eau, de l'air et du sol), et 37° (bactéries pathogènes). Leur température de culture maxima ne dépasse pas 40-42°.

Les bactéries thermophiles ont des températures de culture optima variant entre 50° et 70°, suivant les espèces.

Ce premier caractère tiré de la température optima permet de

les distinguer des autres bactéries, et d'en former un groupe à part : le groupe des bactéries se développant le mieux aux températures élevées, températures auxquelles les autres microbes ne poussent pas.

Si nous considérons maintenant la température minima, nous verrons que certaines bactéries thermophiles peuvent commencer à se développer aux températures où se cultivent les autres microbes, 20°, 30° et 35°. Elles ne sont pas uniquement thermophiles puisqu'elles peuvent pousser aux températures de culture des autres microbes.

Toutes ces bactéries, qui ont une température minima située au-dessous de la température maxima des microbes ordinaires, c'est-à-dire au-dessous de 40-42°, peuvent être classées dans un premier sous-groupe, celui des bactéries thermophiles facultatives. Les Allemands donnent, depuis SCHILLINGER, le nom de *Thermotolérants* à ce groupe de microbes. BARDOU propose de remplacer ce mot par celui de *Thermanecte*, plus conforme aux lois qui président à la création des termes scientifiques.

Pour d'autres, la température de culture minima est supérieure à 40-42° et atteint même pour certaines espèces 50-52°. Ces bactéries thermophiles constituent un second sous-groupe, celui des bactéries thermophiles strictes ou obligatoires.

Pour toutes les bactéries thermophiles, les températures de culture maxima varient entre 50 et 70°, suivant les espèces. Pour le plus grand nombre, elles sont comprises entre 60° et 65°, mais elles peuvent atteindre 70°, et même dépasser cette température.

2° Rapports des microbes thermophiles avec les microbes ordinaires

Nous savons par de nombreuses observations que les bactéries thermophiles partagent la propriété de vivre à des températures élevées, avec des êtres plus élevés en organisation.

FLOURENS a vu une algue vivant dans une source à 98°. BREWER a trouvé dans un geyser à 83° des formes *Nostoc*, COHN et HANSGIRG des oscillariées dans des eaux à 60°, PFEFFER et

KERNER, VON MARILAUN, des algues vivant entre 80 et 93°. EHRENBURG a observé des algues vertes et rouges, dans les sources thermales de l'île d'Ischia, à des températures de 63-65°. Il a vu aussi, dans des eaux à 65-68°, des êtres vivants tels que des mollusques, des arthropodes et des vers. SONNERAT, SPALLANZANI, DE SAUSSURE, DE BLAINVILLE ont observé des faits de même nature.

Il semble qu'il y ait, dans ce fait, une loi générale d'adaptation. Ces êtres vivants se sont adaptés à la vie à des températures élevées. DALLINGER a montré que cette accoutumance pouvait être réalisée expérimentalement pour les infusoires ciliés. En élevant graduellement la température du milieu de culture, il arriva à la porter de 15° à 23°.

M^{lle} TSIKLINSKI a réalisé la même expérience pour les bactéries. Elle est arrivée à cultiver à 57° un *B. subtilis* et un *B. mesentericus* de la collection de l'Institut Pasteur.

Ce fait a un intérêt capital. Il semble bien en résulter que les thermophiles ne sont que des microbes ordinaires, adaptés aux températures élevées. Certains peuvent vivre encore aux températures de culture des autres microbes. D'autres bactéries ont une adaptation si complète à la vie aux hautes températures, qu'elles ne peuvent plus se laisser cultiver aux températures de culture habituelles des microbes ordinaires. On peut aussi faire l'hypothèse inverse et supposer que les microbes ordinaires ont pour ancêtres des microbes thermophiles qui se sont adaptés graduellement aux basses températures. Cette hypothèse s'accorderait mieux avec les notions que nous avons sur l'évolution du globe terrestre.

Tous ces faits indiquent, en tout cas, nettement l'origine commune des bactéries ordinaires et des bactéries thermophiles.

3° Isolement des bactéries thermophiles

L'isolement des bactéries thermophiles se fait comme celui des microbes ordinaires par la méthode des plaques.

Les boîtes de PETRI sont placées à l'étuve à 50°, 60°, 70°, sui-

vant les espèces que l'on veut étudier. On élimine ainsi les microbes ordinaires qui ne se développent pas à ces températures. Mais avec ce procédé, les résultats obtenus ne traduisent pas la véritable flore thermophile du milieu que l'on veut étudier.

M^{lle} TSIKLINSKY a procédé d'une façon différente pour l'étude de la flore microbienne thermophile de l'intestin. Elle ensemente les matières fécales prises aseptiquement (avec 2-3 anses de platine par tube) dans des tubes contenant différents milieux nutritifs : gélose ordinaire, gélose glycinée ou sucrée, bouillon ordinaire, lait, pomme de terre, sérum coagulé. Dès qu'on aperçoit une multiplication, on fait des plaques de gélose, et, des colonies obtenues, on isole des cultures pures des microbes. Pour éviter l'influence fâcheuse de l'eau éliminée par la gélose à l'étuve, il est bon de retourner les plaques, le couvercle en dessous.

Cette méthode a l'inconvénient de ne pas donner de renseignement sur la richesse en microbes thermophiles du milieu que l'on veut étudier.

Pour se rendre compte de la richesse des fèces en thermophiles, ANITSCHKOV introduit dans des tubes à essai contenant chacun 10 cc. d'eau stérile des quantités variables de matières fécales, 0,2, 0,5, 1,2 grammes, puis après avoir agité les tubes, il prélève de chacun 6 anses qu'il étale sur la surface de la gélose, puis porte les tubes à 61-63°.

MIQUEL indique la technique suivante qui a pour but d'éliminer les spores des microbes ordinaires : on place des matras de bouillon peptoné ordinaire dans un bain-marie réglé entre 65° et 70°, et on introduit dans ces matras quelques centimètres cubes d'eau ou quelques parcelles de terre ou d'excréments. En moins de 24 heures, les microbes thermophiles produisent un trouble intense du bouillon.

Pour séparer ces bactéries des autres espèces saprophytes sporulées, qui résistent à ces températures, mais qui ne peuvent pas se multiplier au-dessus de 50°, on effectue cinq ou six passages dans de nouveaux bouillons maintenus à la même température. Puis on procède à la séparation des espèces thermophiles qui ont persisté.

Pour cela on fait des dilutions du dernier bouillon à 1/10.000 ou 1/100.000, et on ensemence quelques gouttes de ces dilutions dans des boîtes de PETRI (1 goutte par boîte), contenant du sérum stérilisé liquide, qu'on solidifie à 70-80°, aussitôt après l'ensemencement. On emploie le sérum de préférence à la gélose, parce qu'à ces températures cette dernière est trop ramollie pour pouvoir être utilisée commodément.

On peut aussi obtenir la séparation des germes en ensemençant en stries du sérum préalablement solidifié, ou des tranches de pomme de terre.

4^e Morphologie des bactéries thermophiles

La plupart des bactéries thermophiles, qui ont été étudiées jusqu'à présent, appartiennent aux genres *Bacillus*, *Bacterium* et *Streptothrix*. En outre, VAN TIEGHEM a observé un streptocoque, COHN un microcoque, RUSSELL et HASTINGS un microcoque.

FORMES BACILLUS ET BACTERIUM

Les formes *Bacillus* et *Bacterium* sont des bâtonnets mobiles ou immobiles, plus ou moins longs, grêles ou trapus, le plus souvent associés en chaînettes de deux, trois ou plusieurs éléments. Comme il nous est impossible de les passer tous en revue, nous allons tâcher de dégager leurs caractères essentiels. Les bactéries thermophiles se laissent colorer comme les microbes ordinaires par les couleurs d'aniline. La plupart d'entre elles prennent le Gram, mais certaines sont colorées inégalement ; à côté de bâtonnets fortement colorés, il y en a d'incolores. Ce fait s'observe même dans les cultures jeunes de 15 à 20 heures. Leur culture se fait dans les milieux usuels.

Le bouillon, la gélose à réaction neutre ou faiblement alcaline, la gélatine, le lait, la pomme de terre, le sérum coagulé, les milieux minéraux conviennent plus ou moins bien suivant les espèces de bactéries et les températures.

Dans le bouillon, les bactéries strictement aérobies, qui sont

nombreuses parmi les thermophiles, poussent en voile à la surface du liquide.

La gélose présente l'inconvénient de ne pas pouvoir être employée au-dessus de 55° à 60°. Il faut alors la remplacer comme milieu solide soit par la pomme de terre, soit par le sérum coagulé.

La gélatine ne peut servir qu'à l'état liquide pour les thermophiles obligatoires.

Les milieux minéraux peuvent être employés aussi avec avantage. BARDOU les a utilisés avec succès pour l'étude des bactéries thermophiles des eaux d'égout. Cette méthode permet de se rapprocher le plus possible des conditions vitales ordinaires des bactéries que l'on veut étudier.

BARDOU, dans l'étude des bactéries thermophiles de la fosse septique de la Madeleine, a pris comme milieu le *sewage* même de la fosse septique. Il a augmenté ses qualités nutritives en l'enrichissant de 10 o/oo de peptone commerciale. Le liquide, après filtration simple, est soumis à la stérilisation à l'autoclave, à 120° C. Ce même *sewage* peptoné lui a servi à préparer des milieux de culture solides par addition de 20 o/oo d'agar-agar.

On peut varier à l'infini la composition des milieux de culture, suivant les bactéries thermophiles que l'on veut étudier.

Cette façon de procéder a le grand avantage de faciliter les recherches biochimiques, et c'est vers ce but que doivent se porter de plus en plus les efforts des bactériologistes.

KOCH et HOFFMANN ont vu, sur quatre espèces thermophiles isolées par eux, que le milieu joue un rôle très important sur les exigences thermiques de ces bactéries. Ces quatre formes se contentent de 28° à 30° dans le sol. A cette température, elles se développent assez bien. Au contraire, ces bactéries ne se développent pas sur des milieux artificiels à la même température. Il leur faut alors une température de 52° pour croître.

Température des cultures. — Les milieux appropriés à la culture d'une bactérie thermophile une fois trouvés, il faut voir dans quelles limites de température on peut la cultiver, autrement dit déterminer ses températures de culture maxima, minima

et optima. On peut avoir différentes étuves réglées à des températures telles que 50°, 60° et 70°.

La température optima varie suivant les espèces entre 60° et 70°, ou entre 50° et 60° pour d'autres. Mais pour le plus grand nombre, c'est la température de 55° qui est la plus favorable.

La température minima varie dans de très grandes limites. Pour les thermophiles facultatifs, elle peut descendre jusqu'à 18-20°. Pour les thermophiles obligatoires, elle se maintient au-dessus de 40-42°, et quelquefois ne descend pas au-dessous de 50°.

La température maxima peut aussi varier tout autant. Elle est de 55° à 60° pour quelques espèces. Pour le plus grand nombre elle dépasse 60° et dans quelques cas exceptionnels 70°.

Aérobiose. — Il est intéressant de noter les relations qui existent entre la vie aérobie et la thermobiose. Sans l'ériger en loi générale, on peut dire que, dans un très grand nombre de cas, les bactéries thermophiles obligatoires sont aérobies obligatoires, les bactéries thermophiles facultatives sont aérobies facultatives.

Toutes les espèces décrites jusqu'à présent peuvent vivre en vie aérobie. OPRESCU seul a décrit trois espèces qui sont obligatoirement anaérobies.

Le lien entre la thermobiose et l'aérobiose obligatoire est très intéressant au point de vue de l'origine des bactéries. Il est évident que les bactéries strictement aérobies sont celles qui sont les plus primitives ; elles sont moins différenciées que les anaérobies, qui peuvent se priver des éléments nutritifs que leur apporte l'air, et qui peuvent les puiser, grâce à leurs ferments, dans les matières organiques des milieux où elles vivent. Si donc les thermophiles obligatoires sont des aérobies obligatoires, on peut supposer qu'elles sont probablement les bactéries les plus primitives, et qu'elles ont donné naissance à toutes les bactéries ordinaires par des adaptations à des températures de plus en plus basses.

Sporulation. — Certaines espèces de bactéries thermophiles ont, comme les microbes ordinaires, des spores, organes de résis-

tance et de dissémination. Les spores peuvent être rondes ou ovales, médianes ou terminales. La bactérie qui leur donne naissance peut présenter un renflement au point de sporulation ou n'en pas montrer. Comme les spores des autres bactéries, elles résistent à un chauffage de 100°, pendant des temps plus ou moins longs.

SAMES a étudié la résistance des spores qui se forment aux différentes températures de culture pour une même bactérie, et il a vu que les spores formées aux températures basses ont une résistance moindre que celles formées aux températures élevées.

STREPTOTHRIX

GLOBIG, KEDZIOR, DE PRETTI, ROSSI DORIA, BRUINI, SAMES et M^{lle} TSIKLINSKI ont décrit des *Streptothrix* thermophiles.

Après les formes *Bacillus* et *Bacterium*, ce sont les microbes thermophiles que l'on rencontre le plus souvent.

Le groupe des *Streptotricées* comprend les bactéries se caractérisant par une vraie ramification, par la formation des spores à l'extrémité des filaments, et par l'absence d'organes spéciaux de fructification. Le genre *Streptothrix* est discuté : les auteurs ne sont pas d'accord sur la désignation à donner aux organismes en question et sur la place qu'ils occupent dans le système microbien. Cohn, ayant isolé un microbe à filaments rappelant le mycélium d'une mucédinée inférieure, renonça à le classer parmi les champignons et créa le groupe *Streptothrix*.

SAUVAGEAU et RADAIS ont remplacé ce nom par celui d'*Oospora*, TONI et TREVISAN par celui de *Nocardia* (en l'honneur de NOCARD qui a découvert le microbe du farcin du bœuf), GASPARINI par celui d'*Actinomyces*.

Les caractères des *Streptothrix* thermophiles sont ceux des *Streptothrix* ordinaires, à part les conditions de température des cultures. Nous nous bornons donc à les mentionner, à côté des bacilles et des bactéries thermophiles.

5^o Caractères biochimiques des bactéries thermophiles

Les caractères biochimiques des bactéries thermophiles ont été très peu étudiés. Il est à désirer cependant que les efforts des travailleurs se portent sur ce point, quelque peu négligé jusqu'ici. La connaissance de ces caractères permettrait de faire une classification rationnelle de toutes les espèces thermophiles, et jetterait probablement un jour nouveau sur le rôle joué par elles dans la nature.

La plupart des auteurs se sont bornés à noter en passant l'action, sur les milieux de cultures ordinaires, des bactéries thermophiles isolées par eux.

Nous relevons dans le travail de BARDOU les actions biochimiques qui ont été signalées dans les études des bactéries thermophiles.

Certaines liquéfient et peptonisent la gélatine (MAC FADYEN et BLAXALL; SAMES : *Thermo-bacterium*, IV, V, VI, *Streptothrix* thermotolérant; la plupart ne la peptonisent pas).

Le bouillon simple et la peptone salée sont alcalinisés (RABINOWITSCH, SAMES, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII) ou acidifiés (SAMES : V) avec réaction de l'indol (SAMES I, II, IV, VI, VII, VIII) ou du nitrosoindol (SAMES, II, III, IV, V).

Les uns coagulent le lait (MAC FADYEN, TSIKLINSKI, *Thermomyces lanuginosus*, *B. thermophilus*, 3; SAMES, III, IV; GILBERT, *Actinomyces thermophilus*), acidifient le lait (SAMES, I; TSIKLINSKI, *Thermoactinomyces vulgaris*, *Thermomyces lanuginosus*), alcalinisent le lait (SAMES, II, III, IV, VIII, *Streptothrix* thermotolérant).

Les nitrates sont parfois réduits en nitrites (plusieurs espèces de RABINOWITSCH).

Les hydrates de carbone complexes, comme l'amidon, peuvent être saccharifiés (MAC FADYEN, plusieurs espèces; SCHILLINGER, SAMES), transformés en érythrodestrine avec acidification du milieu (SAMES, II, III, *Streptothrix*), acidifiés (SAMES, I) ou alcalinisés (SAMES, III, V, VI, VII).

Le saccharose est interverti parfois (LAXA, TSIKLINSKI, *Thermomyces lanuginosus*). Le bacille thermophile de LAXA acidifie, les milieux sucrés contenant glucose, fructose, lactose, galactose, raffinose, dextrine, amidon, en produisant de l'oxyde de carbone et de l'acide lactique.

MAC FADYEN et BLAXALL ont étudié l'action, sur la cellulose, des bactéries thermophiles, isolées par eux. Deux de ces bactéries décomposent la cellulose pure, préparée selon la méthode CROSS et BEVAN.

SCHILLINGER a étudié la fermentation des divers milieux, lait pur, bouillon simple, bouillon lactosé et glucosé, sous l'action des bactéries thermophiles.

OPRESCU a essayé de précipiter les diastases et a recherché à quelles températures les b. thermophiles les produisaient le plus abondamment.

BARDOU, dans une étude biochimique de quelques bactéries thermophiles des eaux d'égout, a adopté pour la description des espèces qu'il a isolées la marche méthodique indiquée par L. GRIMBERT dans son travail sur le Diagnostic des Bactéries par leurs fonctions biochimiques. Il passe successivement en revue les actions des bacilles α , β , γ et δ qu'il a isolés, sur les matières azotées (peptone, gélatine, ovalbumine, sérumalbumine, fibrine, caséine, albumine végétale, lait, urée, nitrate de potassium) et sur les hydrates de carbone (glycérine, mannite, glucose, lévulose, saccharose, lactose, amidon et cellulose). Ces bactéries thermophiles, aérobies et facultativement anaérobies, s'attaquent de préférence aux matières albuminoïdes et les hydrolysent puissamment; elles caillent le lait en aérobiose et hydrolysent ensuite la caséine coagulée; elles ont peu d'action sur les hydrates de carbone.

6° Répartition des bactéries thermophiles

Les premières bactéries thermophiles ont été isolées des sources des eaux thermales.

CERTES et GARRIGOU, à Luchon, KARLINSKI et TEICH dans les eaux thermales d'Ilidze en Bosnie, ont découvert des bactéries

thermophiles, vivant à 64° et à 51°-58°. Puis, WITTLIN a étudié plusieurs bactéries thermophiles des sources de Ragatz Pfäfers (Suisse). MIYOSHI a trouvé dans les eaux de Yumoto cinq espèces de bactéries sulfureuses vivant à 65°.

M^{lle} TSIKLINSKI a décrit plusieurs espèces isolées des sources d'Ischia.

BENIGNETTI a étudié un bacille des eaux d'Acqui, anaérobie, vivant à 60-75°.

Mais on n'a pas tardé à constater que les eaux thermales ne sont pas les seules à posséder des bactéries thermophiles, et qu'on les trouve répandues partout, dans les couches supérieures du sol, aussi bien dans l'hémisphère boréal que dans l'hémisphère austral (Globig, Mac Fadyen et Blaxall, Sames, Gilbert), dans les eaux courantes et stagnantes (Mac Fadyen et Blaxall, Michaelis, Catterina), dans les eaux d'égout (Bardou), dans l'eau de mer (Mac Fadyen et Blaxall), dans les poussières (Mac Fadyen et Blaxall, Lydia Rabinowitsch, Sames, Rossi Doria), dans la neige (Lydia Rabinowitsch), dans la paille (Mac Fadyen et Blaxall), dans les céréales et l'orge germé (Lydia Rabinowitsch), dans le fumier (Mac Fadyen et Blaxall, Dupont), dans le lait (Lydia Rabinowitsch, Gorini, Sames), dans du fromage de Roquefort (Oprescu), dans le mucus vaginal d'une femme (Sames), dans les excréments d'un grand nombre de vertébrés (Mac Fadyen et Blaxall, Lydia Rabinowitsch), dans la bouche, l'estomac, le gros intestin et l'intestin grêle des mammifères, des oiseaux, des reptiles et des poissons (Lydia Rabinowitsch), dans l'intestin et les excréments de l'homme (M^{lle} Tsiklinski, Merejkovski, Bruini, Anitschkov).

D'après cet aperçu, nous pouvons voir que les microbes thermophiles se rencontrent partout. Il ne semble donc pas qu'on puisse rechercher des rapports entre la température du milieu et la présence ou l'absence de bactéries thermophiles. Si les eaux thermales à température élevée en possèdent, les eaux courantes et stagnantes n'en sont pas dépourvues. Les couches supérieures du sol des pays froids comme des pays chauds en contiennent. On en trouve même dans la neige.

Il semble cependant que si les bactéries thermophiles existent partout, leur répartition n'est pas la même en tout lieu. M^{lle} TSIKLINSKI, qui a étudié la flore microbienne thermophile des enfants de Paris et de Moscou, a trouvé chez ceux de Moscou une flore thermophile plus abondante et plus variée. Ce fait reste encore inexpliqué et ne sera sans doute élucidé que lorsque nous serons mieux renseignés sur le rôle des microbes thermophiles.

De KRUYFF a vu que les bactéries thermophiles sont très abondantes dans les tropiques, non seulement quant au nombre des individus, mais aussi quant à la quantité des espèces.

M^{lle} TSIKLINSKI n'a trouvé au contraire aucune bactérie thermophile dans les échantillons de terre, rapportés par CHARCOT des régions antarctiques.

Dans toutes les fermentations à température élevée, la proportion des microbes thermophiles augmente. Ils peuvent même y supplanter complètement les microbes ordinaires.

On peut donc dire que, si les bactéries thermophiles existent à peu près partout, elles se rencontrent en tout cas en plus grande abondance dans les milieux à température élevée. Et ceci n'a rien d'étonnant, puisqu'elles rencontrent dans ces milieux les conditions les plus favorables, pour leur permettre de vivre et de se développer.

7^e Rôle joué par les bactéries thermophiles dans la nature

Quelques rares auteurs ont essayé d'expliquer le rôle rempli par les bactéries thermophiles dans la nature.

GLOBIG pense que, si elles sont plus fréquentes dans les couches supérieures du sol, c'est parce qu'elles ont besoin de la chaleur solaire.

LYDIA RABINOWITSCH considère que la propriété de vivre à des températures élevées est un simple phénomène d'adaptation.

D'autres auteurs les ont recherchées dans les fermentations à températures élevées et ont essayé d'élucider le rôle qu'elles jouent dans ces fermentations.

Ferments lactiques. — Il y a d'abord tout un groupe de fer-

ments qu'on peut qualifier de thermophiles, ce sont les ferments lactiques. Ces ferments lactiques donnent de l'acide lactique aux dépens du sucre du lait ou d'autres sucres.

En outre du *Bacterium lactis acidi*, découvert par PASTEUR, il y a un grand nombre d'autres ferments lactiques. Ce sont en général des bâtonnets, quelquefois des coccacées, comme le *Micrococcus lactis I* de HUEPPE, ou encore des streptocoques, comme le *Streptococcus acidi lactici* de GROTENFELD.

Ces microbes jouent un grand rôle en laiterie, distillerie, tannerie, brasserie, boulangerie, dans la préparation de certains produits agricoles (choucroute, concombres, etc.), et dans l'ensilage. Ils sont peu résistants aux agents physiques. Ils n'ont pas de spores. Ils ne sont détruits que par un chauffage à 65°-70° pendant 5 minutes. Leurs actions sont favorisées dans des limites de température comprises entre 30° et 50°, mais elles peuvent s'exercer jusqu'à 55°-60°. Cette propriété peut servir à les isoler.

Le yoghourt ou lait caillé bulgare est préparé avec un bacille lactique spécial, que l'on fait agir à une température élevée. Après avoir fait bouillir le lait et avoir ainsi réduit son volume aux deux tiers du volume initial, on laisse la température tomber à 50° et onensemence le lait avec le ferment. Pour que les conditions d'action du ferment soient favorables, il faut que la température se maintienne aux environs de 45°.

Il faut ensuite signaler les ferments lactiques isolés des jus de fermentation des choucroutes et des concombres, dont plusieurs donnent un maximum d'acidité à des températures comprises entre 40° et 50°.

Fermentations des jus sucrés. — Les jus sucrés provenant des presses ou des diffuseurs sont sujets à des fermentations très actives, produites par des microbes, aérobies ou anaérobies.

Ces microbes sont apportés par la terre avec les betteraves. Ce sont des saccharomyces, des coccus ou des bacilles. Beaucoup de ces microbes appartiennent au groupe des thermophiles.

Un d'eux a été particulièrement étudié. C'est celui qui cause la maladie appelée gomme de sucrerie. Les dissolutions de

mélasse se transforment en masses gélatineuses compactes. Le microbe qui est la cause de cette transformation a été signalé par JUBERT et décrit par MENDÈS, VAN TIEGHEM et CIENKOWSKI. VAN TIEGHEM l'a appelé *Leuconostoc mesenteroides*. Il est formé de petits grains sphériques et ressemble aux nostocs. On peut l'isoler en se servant de milieux saccharosés, de tranches de carottes ou de betteraves à sucre. Il est très actif aux environs de 45°, dans les milieux liquides. Il ne forme pas de spores. Il ne se développe pas, lorsque le jus de sucrerie a été chauffé vers 55°-60°, pendant un certain temps. Pourvu de sa gaine, il résiste, à l'état desséché, à un chauffage à 100° pendant cinq minutes, sans gaine, il périt entre 75° et 80°.

Il transforme rapidement le saccharose et le glucose en masse glaireuse. Il attaque également le lactose et le maltose.

Fermentation panaire. — Dans la fermentation du pain, HENNEBERG a isolé un bacille, le *Bacillus panis fermentati*, qui est très actif vers 48°. Il s'attaque aux divers sucres de la farine, raffinose, lactose et mannite exceptés.

Fermentation du fumier. — Beaucoup d'auteurs ont pressenti le rôle que les thermophiles pouvaient jouer dans la fermentation du fumier. Ce rôle a été bien mis en évidence par SCHLÆSING.

Si l'on observe un tas de fumier, on constate que sa masse n'est pas homogène. Aussi, les réactions varient-elles, dans ses diverses parties.

Les parties supérieures sont très chaudes, les parties inférieures restent froides. DEHÉRAIN a constaté que la température était de 68° à 70° dans les parties supérieures, et de 25° dans les parties inférieures. Cette élévation de température dans les couches supérieures est due à l'oxydation des matières organiques. GAYON a très bien mis en évidence l'influence de l'oxygène sur la température.

Dans les couches profondes du fumier, l'air pénètre plus difficilement, et la vie anaérobie remplace la vie aérobie. La température de ces combustions intérieures est beaucoup moins élevée.

DEHÉRAIN en 1884, et SCHLÆSING en 1892 ont établi que les actions chimiques, dans ces fermentations, ne jouent qu'un rôle

secondaire, et que le principal rôle est dévolu aux actions microbiennes.

DEHÉRAIN a démontré que la fermentation anaérobie est arrêtée par le chloroforme, qui paralyse l'action des microbes. Il a vu aussi qu'il peut y avoir une légère oxydation due uniquement à l'oxygène atmosphérique. Dans les couches supérieures du fumier, on peut avoir les deux actions chimiques et microbiennes superposées.

SCHLÆSING a démontré l'existence de cette double action. En faisant passer un courant d'air continu dans des lots de fumier, maintenus à température constante, les uns stériles, les autres ensemencés avec du fumier frais après avoir été stérilisés, il a évalué l'intensité de la combustion, dans chacun de ces cas, par la quantité d'acide carbonique dégagée. Il a vu que les actions microbiennes donnent jusqu'à quinze fois plus d'acide carbonique que les combustions chimiques. Il a remarqué d'autre part que l'activité microbienne peut se manifester jusqu'aux environs de 72°. L'action des microbes a complètement cessé au-dessus de 80°. La combustion chimique seule continuait. SCHLÆSING attribue un rôle très important, dans ces actions microbiennes, aux bactéries thermophiles.

Dans les parties inférieures du tas de fumier, où la température est de 25° à 30°, les ferments anaérobies ordinaires peuvent entrer en jeu. Mais dans les parties supérieures, où SCHLÆSING a démontré l'existence de l'activité microbienne jusqu'à des températures de 80°, il est évident que les thermophiles seuls peuvent vivre et agir, et nous avons vu en effet que de nombreux auteurs ont isolé des bactéries thermophiles du fumier (Mac FADYEN et BLAXALL, DUPONT, MIQUEL).

Phénomènes de putréfaction. — Dans tous les phénomènes de putréfaction, accompagnés d'une élévation de température, Mac FADYEN et BLAXALL, Lydia RABINOWITSCH également, ont rencontré des bactéries thermophiles. Si elles vivent dans ces milieux, c'est qu'elles y rencontrent des conditions propices pour leur développement, mais il est probable qu'elles jouent aussi un rôle dans ces fermentations.

BARDOU a très bien mis en évidence le rôle, que pouvaient jouer les bactéries thermophiles dans la désintégration des matières organiques des eaux d'égout. Ses études ont été faites à la station d'épuration biologique des eaux d'égout, installée par le docteur CALMETTE, à la Madeleine, près Lille. Il a isolé, des eaux d'égout de la fosse septique, quatre espèces de bactéries thermophiles, dont il a pu mettre en évidence le rôle biologique, par l'étude de leurs propriétés biochimiques. Ces bactéries thermophiles ont un pouvoir protéolytique énergique. L'hydrolyse des albuminoïdes par ces bactéries semble être menée assez loin. Tout porte à croire que ces bactéries, à la fois thermophiles et anaérobies, sont parmi les plus résistantes des espèces vivant dans les fosses septiques. Par suite, ce sont probablement les plus actives, et elles doivent jouer le plus grand rôle dans la désintégration des matières albuminoïdes.

DE KRUYFF a vu que, sous les tropiques, les bactéries thermophiles remplaçaient les microbes ordinaires dans la décomposition des matières organiques. Les températures élevées des tropiques paralysent les actions des microbes ordinaires, alors que les thermophiles continuent à croître et à sécréter leurs diastases, qui résistent à ces températures.

Ensilage. — Dans l'ensilage, les végétaux subissent une transformation qui est due aux phénomènes d'oxydation, aux fermentations intracellulaires et aux interventions microbiennes. Les microbes n'entrent en jeu qu'en second lieu. Ce sont les processus de respiration et ceux de fermentation intracellulaire, qui sont la cause et la source de l'élévation de la température.

FRY, le premier, attribua l'élévation de la température à la respiration des tissus. Il admit en outre que l'action décomposante des microbes, qui avaient résisté à l'élévation de la température, pouvait ensuite se manifester.

Quand les tissus sont vivants, les microbes ne se développent guère, mais dès qu'ils sont morts, les microbes, qui ont résisté à l'élévation de la température, se multiplient. Il peut en résulter une nouvelle élévation de température qui n'est jamais aussi forte que celle due aux actions respiratoires et diastatiques.

Comme la température doit atteindre de 55° à 70° pour donner des fourrages de bonne qualité, il s'ensuit que, dans l'ensilage, toutes les actions microbiennes sont dues à des microbes thermophiles.

Dans la phase du début, tous les microbes ordinaires sont détruits par l'élévation de température qui est due aux actions respiratoires et diastasiques. Ne résistent et ne se développent que ceux dont la zone d'action optima est comprise entre les températures de 55° à 70°. Suivant la nature du fourrage, sa teneur en eau, la température et le tassement, les ferments qui entrent en jeu varient, et on peut avoir les fermentations acétique, lactique, butyrique, fermentation des composés azotés, peptonisés, amidés. L'espèce, qui prendra le dessus, sera celle qui trouvera les conditions optima de température et de nutrition.

Si la température atteint 70°-75°, les conditions sont bonnes, car les actions diastasiques et les thermophiles seuls peuvent fonctionner.

Parmi ces microorganismes, il faut faire une place à part aux ferments lactiques, qui jouent un rôle favorable, parce que hostiles aux mauvaises fermentations butyriques et putrides, en particulier. Ce sont des protecteurs pour la décomposition de la matière azotée. Le milieu acide empêche la putréfaction.

Ces ferments lactiques sont favorisés par les températures comprises entre 30° et 50°, suivant l'espèce.

Ils s'attaquent aux matières hydrocarbonées en donnant naissance à divers produits : acide lactique, acide acétique, alcool éthylique. Si le sucre fait défaut, ils peuvent agir sur la matière azotée en milieu acide.

Ces ferments lactiques donnent au fourrage une odeur agréable et un bouquet spécial. Leur température critique mortelle est de 60 à 70° ; il ne faut donc pas que la température dans le silo s'élève plus haut ; il ne faut pas non plus qu'elle descende trop bas, car au-dessous de 40°, la fermentation lactique fait place aux fermentations butyriques ou acétiques.

Ces ferments lactiques sont nombreux. EPSTEIN en a trouvé plusieurs espèces dans les ensilages de cossettes de betteraves,

E. WEISS a isolé trois ferments lactiques sur des cossettes ensilées. Ces *Bacterium pabuli acidii* I, II, III, sont des bâtonnets, prenant le Gram.

Emmerling, dans une étude de la flore microbienne des silos fermentés, signale le *Bacillus subtilis*, des *Granulobacter*, le *Bacillus mycoides*.

Les fermentations dues à ces divers microbes thermophiles, ont pour effet, sur les végétaux ensilés, de diminuer les principes minéraux, d'augmenter le pourcentage de leur cellulose, de produire de l'alcool et des acides divers aux dépens des matières hydrocarbonées, de diminuer les matières albuminoïdes qui sont en partie transformées. Il est intéressant de noter que toutes ces actions microbiennes sont dues uniquement à des bactéries thermophiles.

Fermentation des feuilles de tabac. — Dans la fermentation des tabacs, nous allons encore retrouver les actions microbiennes dues à des thermophiles. Les feuilles de tabac simplement desséchées sont impropres à la consommation ; elles doivent subir des transformations de nature microbienne encore peu éclaircies. Les feuilles, une fois séchées, sont mises en tas après avoir été arrosées, de façon à avoir une teneur en eau de 18 à 25 o/o.

La température s'élève dans cette masse jusqu'à 40°, 50° et 60°. La fermentation dure de 40 à 60 jours. L'augmentation de la température sera d'autant plus rapide que le tas sera plus volumineux. On ne la laisse pas dépasser 55°.

SCHLÆSING père et NESSLER admettent que l'oxygène intervient, pour modifier certains éléments des cellules, mais que l'intervention des microorganismes est indispensable pour déterminer l'augmentation de la température, sans qu'ils soient capables de produire les modifications profondes que présente le tabac fermenté.

SCHLÆSING fils pense que la combustion lente, qui se produit dans la masse du tabac, commence à la température ordinaire, sous l'action dominante des microorganismes, et qu'à partir de 50° environ, la combustion est surtout d'ordre chimique. Ces

résultats découlent d'expériences faites avec des tabacs stérilisés ou non stérilisés, ensemencés ou non ensemencés.

SUGSLAND attribue la fermentation des feuilles de tabac aux microorganismes dont elles sont chargées.

VERNHOUT a étudié les bactéries de cette fermentation. Il y voit surtout l'intervention de bactéries thermophiles. Il a trouvé sur 70 feuilles de tabac fermentées deux espèces, presque constantes.

La première espèce, le *Bacillus tabaci fermentationis*, appartient au groupe *subtilis* ; c'est un bâtonnet mobile, aérobic strict, poussant jusqu'à 58°, mais ayant comme température optima 44 à 50°. Il liquéfie la gélatine, il est sporulé ; il pousse sur bouillon et pomme de terre, il se développe mal sur les milieux additionnés d'une infusion de tabac, il est surtout caractérisé par une grande production d'ammoniaque.

La deuxième espèce est encore aérobic. Elle meurt vers 50°. Elle ressemble à la précédente, mais elle n'est pas mobile.

VERNHOUT a ensemencé ces bactéries sur les feuilles de tabac soumises à la fermentation. Cinq essais sur sept ont été favorables. Les feuilles non stérilisées, ensemencées avec ces bactéries, présentaient l'arome du bon tabac. Les feuilles, stérilisées et non ensemencées, ne fermentaient pas. Sur des feuilles stérilisées, l'ensemencement des bactéries n'a pas fait apparaître l'arome du bon tabac. Il semble donc que les transformations subies par les feuilles ne sont pas uniquement dues aux microbes.

KONING, qui s'est également occupé de cette question, a vu que, dans la fermentation du tabac hollandais, le maximum de température était de 56°. Il a trouvé des microbes aérobies, d'autres anaérobies. Ces bactéries thermophiles appartiennent au groupe du *subtilis*, du *mycoides* et du *proteus*. Il a isolé cinq bacilles différents : *Bacillus tabaci* I, II, III, IV, V, appartenant à ces trois genres. Les bacilles I, II et IV peptonisent la matière albuminoïde, et donnent de l'ammoniaque. Il a pu réaliser la fermentation du tabac hollandais par l'ensemencement de ces divers microbes, soit seuls, soit en combinaison. Ils agissent aux environs de 50°. Quand la température s'élève plus haut, le *Bacillus subtilis* prédomine.

D'après ces divers travaux, il semble donc bien que, dans la fermentation des feuilles de tabac, comme dans l'ensilage, il y a superposition des actions diastasiques et microbiennes. La masse du tabac, sous l'influence des phénomènes d'oxydation s'élève à une température de 50° à 56°, et les actions microbiennes, qui entrent en jeu à cette température, ne peuvent être dues qu'à des microbes thermophiles, dont la présence, dans ces fermentations, a été bien mise en évidence par VERNHOUT et KONING.

Sulfo-bactéries. Ferro-bactéries. — Parmi ces groupes de microbes, il faut signaler les thermophiles isolés par COHN et HANSGIRG, par MIYOSHI et par d'autres auteurs.

Ces thermophiles, comme les microbes de leur groupe, ont la propriété d'oxyder l'hydrogène sulfuré et de fixer ainsi le soufre. Les ferro-bactéries, qui vivent dans des eaux contenant du carbonate de fer, fixent ce fer à l'état d'oxyde de fer hydraté.

Microbes intestinaux. — Nous avons vu qu'un grand nombre d'auteurs avaient trouvé des bactéries thermophiles dans le canal intestinal des animaux et de l'homme. GLOBIG, MAC FADYEN et BLAXALL, LYDIA RABINOWITSCH, BRUINI ont isolé des thermophiles intestinaux. Leurs travaux se sont bornés à la description de ces espèces.

ANITSCHKOV a cherché à se rendre compte du nombre de bactéries thermophiles qui vivaient dans l'intestin comparativement à celui des microbes ordinaires. Les résultats de ces recherches lui permettent de conclure que le nombre des microbes thermophiles qui se trouvent dans l'intestin est peu élevé. Il en déduit qu'ils ne doivent pas avoir un grand rôle à y jouer.

C'est aussi la conclusion à laquelle est arrivée M^{lle} TSIKLINSKI. Ses recherches ont porté sur les fèces des nourrissons et sur les fèces des adultes, à Paris et à Moscou.

Les microbes thermophiles apparaissent, dans le canal intestinal de l'homme, en même temps que les bactéries ordinaires, c'est-à-dire dès les premières heures de la vie extra-utérine. La flore microbienne thermophile des enfants de Paris est moins variée et moins abondante que celle de Moscou. La flore thermophile des fèces des nourrissons ne se distingue donc pas par

cette constance et cette uniformité qui sont si caractéristiques de la flore normale ordinaire du canal intestinal de l'enfant. Elle peut varier suivant les conditions locales et climatiques.

Tous les microbes thermophiles isolés à Paris appartiennent aux espèces de thermophiles facultatifs et aux aérobies facultatifs, tandis que la plupart des microbes obtenus à Moscou sont des thermophiles et des aérobies obligatoires.

Ce dernier point a une signification importante. Il est évident que les thermophiles et les aérobies obligatoires ne trouvent pas dans le canal intestinal de l'homme des conditions qui leur soient favorables. Ils n'ont pas leur température de développement optima et ils n'y trouvent pas l'oxygène dont ils ont besoin.

M^{lle} TSIKLINSKI pense donc qu'on doit choisir entre les deux interprétations suivantes : 1° Ces microbes ne seraient que de passage dans le canal intestinal de l'homme ; 2° Ils y trouveraient des conditions favorables, peut-être une symbiose, leur permettant de se développer à une température de 37°. Dans ce dernier cas, ils auraient peut-être un rôle important à remplir dans les processus qui s'accomplissent dans l'intestin de l'homme.

Mais il est probable que les microbes thermophiles du canal intestinal ne jouent pas un rôle important dans les processus chimiques qui s'y accomplissent. Ils sont sans doute des hôtes de passage. Leur présence constante dans les fèces peut s'expliquer par leur répartition si étendue dans la nature.

— 8° Conclusions

Ce rapide aperçu nous a permis de constater que les microbes thermophiles sont largement répandus dans la nature. Ils ont été trouvés à peu près dans tous les milieux. Nous sommes moins bien renseignés sur leur répartition géographique. Nous savons qu'on n'en a pas rencontré dans les régions polaires et qu'ils ont été trouvés en abondance dans les régions tropicales. Mais nous n'avons pas de renseignements exacts sur leur proportion, suivant les contrées, par rapport aux microbes ordinaires.

Nous avons vu que tous les degrés étaient représentés dans la thermobiose. Certaines bactéries banales de l'eau, du sol, qui vivent habituellement aux températures ordinaires, peuvent se développer occasionnellement à des températures élevées.

D'autres végètent à peine ou ne vivent pas du tout à la température ordinaire. Elles ne prennent leur développement normal qu'aux températures élevées. Ce sont les thermophiles obligatoires.

Parmi les bactéries parasites des vertébrés, pathogènes ou non, on trouve également ces deux groupes de thermophiles, les facultatifs et les obligatoires.

Tous les intermédiaires existent entre ces deux groupes, aussi peut-on dire qu'une chaîne continue relie les microbes ordinaires aux microbes thermophiles. Ce passage a même été réalisé expérimentalement par M^{lle} TSÍKLINSKI.

Si nous avons des notions précises sur les bactéries thermophiles au point de vue de la morphologie, des conditions de culture, de température, de résistance, nous sommes encore peu renseignés sur leurs fonctions biochimiques et leurs actions biologiques.

Nous avons essayé de donner une idée du rôle qu'elles peuvent jouer dans ces actions, d'après les notions que nous avons actuellement. Il est certain qu'on trouve des bactéries thermophiles dans tous les phénomènes vitaux qui se passent à des températures élevées. Il suffit de savoir qu'une transformation organique est due à une action microbienne, et que cette action se passe à une température incompatible avec la vitalité des microbes ordinaires, pour en conclure qu'elle est due à des bactéries thermophiles. Mais nous avons vu que dans la plupart des cas, c'est là que se borne tout notre savoir sur les actions biologiques des bactéries thermophiles, et qu'il y a dans ce domaine tout un champ de recherches encore inexploré.

CHAPITRE II

PRÉLÈVEMENTS DES EAUX ET DES SABLES ET ISOLEMENTS DES BACTÉRIES

1° Prélèvements

Les prélèvements des eaux ont été faits dans des flacons stériles et envoyés dans la glace dans tous les cas où les circonstances ont permis de le faire.

Les prélèvements de Bou-Saàda (Source Aïn-Caïd et Source Aïounets) ont été faits le 15 janvier.

Les prélèvements de Biskra ont été faits au village de Tolga le 13 décembre. Les eaux de quatre sources ont été analysées :

1° Seguia de Sebkhah.

2° Source Mernanèche.

3° Source Foltana.

4° Source Sadoud.

Toutes ces sources émergent d'un terrain gypseux reposant sur une couche argileuse.

Les eaux sont à la température extérieure.

Les eaux de Figuig ont été prélevées en quatre points différents :

1° Seguia de la palmeraie de Figuig. Température de l'eau à peu près constante 25°.

2° Petit bassin cimenté sur une séguia d'un jardin de la palmeraie. L'eau est amenée par intermittences et provient d'un puits à noria voisin. L'eau est à la température extérieure.

Ces deux échantillons ont été prélevés le 24 novembre.

3° Source thermale du Ksar d'Oulad Sliman près Figuig. Température constante à 30°.

4° Source thermale d'Oudaghir près Figuig. Température constante à 30°.

Ces deux dernières sources sont des eaux artésiennes. Elles jaillissent faiblement, mais à large débit, au fond d'entonnoirs creusés sur le plateau de Figuig. Il est probable qu'elles ont la même provenance.

Ces deux échantillons ont été prélevés le 11 décembre.

Les prélèvements de sables ont été faits dans des flacons de verre stériles.

Les échantillons ont été pris dans les points suivants :

1° Grand Erg, devant Zaouïa Kebira, prélèvement fait par M. le D^r FOLEY le 12 avril.

2° Environs de Figuig, dune de sable, prélèvement fait en janvier par le D^r FOLEY.

3° Environs de Figuig, Djebel Taghla, montagne des environs de Figuig, dominant la vallée de la Zousfana. Prélèvement fait en février par M. le D^r VIALATE.

4° Environs d'El-Oued. Prélèvement fait en avril sur le flanc d'une dune, par le D^r Edmond SERGENT.

2° Isolements

L'étude des bactéries thermophiles demande plusieurs étuves réglées à différentes températures.

Pour avoir à notre disposition un nombre d'étuves aussi grand que possible, nous nous sommes servi, sur le conseil du D^r CALMETTE, d'une table chauffante en cuivre. Cette table est un parallépipède rectangulaire garni de sable fin à l'intérieur.

Elle est chauffée en dessous par un bec Bunsen. Sur sa face supérieure, on dispose des cylindres en cuivre fermés par un couvercle. Suivant la distance à laquelle on les place du bec, on a dans ces différentes petites étuves des températures de plus en

plus basses. Nos trois étuves étaient réglées à 40°-45°, 50°-55°, et 60°-65°.

Nous avons essayé pour l'isolement de nos bactéries thermophiles les divers procédés indiqués par les auteurs.

L'isolement des bactéries thermophiles du Sahara par la méthode des plaques de gélose placées d'emblée aux hautes températures ne nous a donné aucun résultat. Très rares sont les germes qui se développent dans la gélose en plaques aux températures comprises entre 40° et 60°.

Cet insuccès tient peut-être à la dessiccation rapide de la gélose en boîte de Petri à des températures élevées.

Nous croyons qu'il dépend aussi de la difficulté qu'ont les germes à pousser d'emblée à ces températures élevées. Nous avons vu souvent qu'une culture entraînée à pousser à haute température a besoin d'être repiquée abondamment pour se développer à nouveau. Si l'on ne prélève qu'une toute petite colonie pour ensemençer un second tube, ce dernier reste souvent stérile. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que des germes isolés, brusquement changés de température et placés dans un milieu nouveau, éprouvent de la difficulté à se développer.

Aussi pour la même raison probablement, n'avons-nous eu que de très mauvais résultats en ensemençant directement les divers milieux nutritifs et en les plaçant tout de suite à des températures élevées.

Nous avons préféré nous en tenir à la technique suivante qui après maints tâtonnements nous a paru la meilleure pour les germes que nous avions à étudier.

Les ensemençements d'eau et de sable étaient faits en plaques de gélatine et en plaques de gélose.

Les plaques de gélatine étaient placées à l'étuve à 22° et celles de gélose à 37°.

Tous les germes ainsi isolés étaient repiqués en gélose inclinée et placés à l'étuve à 37°. Les cultures positives après 1 ou 2 passages à 37° étaient repiquées et placées à 45° pour se rendre tout de suite compte si le germe en question était thermophile. La température de culture maxima était ensuite déterminée.

Ce procédé est celui qui nous a donné les meilleurs résultats avec les thermophiles des sables et des eaux du Sahara.

Cela tient à ce que ces microbes, comme nous allons le voir, sont plutôt des thermotolérants que des thermophiles. Ils poussent tous à 22° et à 37°.

Nous avons toujours fait, en même temps que les isolements en plaques de gélatine et de gélose, desensemencements directs à 40°, 45° et 50° en gélose et en bouillon et à 60° en bouillon. Ce procédé nous a permis dans certains cas d'obtenir d'emblée à ces températures la culture d'un thermotolérant. Nous n'avons jamais isolé de thermophile obligatoire.

Quand les cultures provenant de cet ensemencement direct sont positives, on isole par la méthode des plaques, à 37°, les germes qui ont poussé.

Les colonies qui proviennent de cette première séparation, comme celles qui ont été obtenues par un premier isolement direct, ne sont jamais pures. Nous devons signaler l'extrême difficulté avec laquelle les germes des sables se laissent isoler. Il nous est arrivé de faire de multiples passages par plaques avant d'obtenir une culture pure.

Cette difficulté doit provenir de la texture de ces microbes, qui à la coloration paraissent pour la plupart entourés d'une gangue mucilagineuse. Cette gaine les agglomère les uns avec les autres et empêche dans les dilutions l'isolement des germes.

Les cultures en bouillon, poussant souvent en voile à la surface ou en flocons dans la profondeur, conditions dans lesquelles les germes microbiens sont étroitement unis, il vaut mieux partir quand on le peut de colonies sur gélose.

Il est préférable aussi de faire les dilutions en eau physiologique plutôt qu'en bouillon.

La séparation des germes paraît se faire mieux en eau physiologique.

Nous avons employé aussi tous les artifices qui étaient à notre disposition : chauffage des cultures pour éliminer les microbes non sporulés, cultures aux températures élevées pour éliminer les germes qui poussaient à une température inférieure.

CHAPITRE III

NUMÉRATION DES GERMES DES SABLES ET DES EAUX DU SAHARA ET PROPORTIONS RELATIVES DES THERMOPHILES ET DES NON THERMOPHILES

Pour évaluer la quantité des germes thermophiles et non thermophiles, la méthode la plus simple aurait été celle des plaques de gélatine et de gélose placées aux différentes températures. Les plaques de gélatine à 22° et les plaques de gélose à 37° auraient permis de dénombrer les microbes ordinaires. Les plaques placées au-dessus de 40° auraient permis de compter les microbes thermophiles.

Cette façon de procéder ne serait pas exacte pour les raisons que nous avons indiquées précédemment. La plupart des germes ne poussent pas d'emblée en boîte de Petri aux températures comprises entre 40° et 50°.

Nous avons vu au contraire que tous les germes des sables se développaient normalement en boîte de Petri, soit en gélatine à 22°, soit en gélose à 37°, et que tous les germes des eaux poussaient en gélatine à 22°.

Nous nous sommes donc borné à desensemencements en gélatine à 22° et en gélose à 37°. Les différentes colonies qui avaient poussé étaient ensuite étudiées au point de vue de leur résistance aux hautes températures pour établir la proportion des thermophiles et des non thermophiles.

1° Germes des sables

L'étude quantitative des germes a été faite par la méthode des plaques de gélatine et de gélose. 1 gramme de sable était dilué dans 10 centimètres cubes d'eau physiologique stérile. On faisait ensuite une dilution au 1/100 et au 1/1000, et 1 centimètre cube de chacune de ces dilutions était incorporé à un tube de gélatine et à un tube de gélose fondus qui étaient étalés dans des boîtes de Petri.

Les plaques de gélatine étaient placées à 22°, les plaques de gélose à 37°.

Tous les germes poussés étaient repiqués en gélose et placés à 37°, puis en gélose à 40° et à 45° de façon à établir la proportion des thermophiles et des non thermophiles. La numération des colonies de boîtes de gélatine était faite 15 jours après l'ensemencement ; celle des plaques de gélose 48 heures après.

Les chiffres donnés par les 3 boîtes de gélatine et les 3 boîtes de gélose ensemencées étaient totalisés et on prenait la moyenne. Le chiffre obtenu représente la quantité de germes microbiens par gramme de sable.

A. — NOMBRE DE GERMES MICROBIENS PAR GRAMME TROUVÉS DANS LES SABLES DU SAHARA

Grand Erg	avril	110	Biskra.	avril	300
El Oued	avril	300	Bou Saada	avril	2.400
Figuig	janvier	19.000			

Ces chiffres attestent la faible proportion des germes existant dans les sables du Sahara.

MIQUEL trouve dans la terre du Champ de Mars 4 millions de germes par gramme à l'état humide et 850.000 après dessiccation de 48 heures à 30°.

Nous avons nous même trouvé le nombre de germes suivant dans un échantillon de terre pris à Alger dans le Jardin de l'Institut, dans un échantillon de sable prélevé dans les dunes de

Sidi Ferruch près Alger en hiver au mois de février, après une chute de pluie, et dans un échantillon de sable pris sur la plage de Surcouf près Alger en avril.

Terre d'Alger, nombre de germes par cent. cube	150.000
Sable de Surcouf	85.000
Sable de Sidi Ferruch	50.000

En comparant ces derniers chiffres avec ceux obtenus pour les sables du Sahara, nous voyons que la quantité totale de germes est beaucoup plus élevée pour la terre d'Alger et les sables de Sidi Ferruch et de Surcouf.

B. — PROPORTION DES GERMES THERMOPHILES ET NON THERMOPHILES
TROUVÉS DANS LES SABLES

Grand Erg	avril	7 thermophiles, 1 non thermophile.
El Oued	avril	6 thermophiles, pas de non thermo.
Figuig	janvier	3 thermophiles, 2 non thermophiles.
Figuig	février	4 thermophiles, 1 non thermophile.

Comme on peut le voir par ces résultats, la proportion des germes thermophiles contenus dans les sables du Sahara est beaucoup plus élevée que celle des non thermophiles.

Le rapport des non thermophiles aux thermophiles est environ de 1/5, c'est-à-dire que pour 100 non thermophiles, on trouve 500 germes thermophiles.

Nous avons cherché par comparaison à établir ce même rapport dans les sables du bord de la mer près Alger et dans la terre des environs d'Alger.

Dans les sables des dunes de Sidi Ferruch, nous avons trouvé pour 100 non thermophiles, 300 germes thermophiles.

Dans la terre d'Alger, pour 100 non thermophiles, 30 thermophiles.

Dans la terre nord-africaine, la proportion des germes thermophiles est donc bien inférieure à celle des germes non thermophiles.

Dans le sable marin, le nombre des germes thermophiles domine au contraire comme dans les sables du Sahara, mais il y est moins élevé.

Les sables du Sahara sont donc caractérisés :

- 1° Par leur faible teneur en germes microbiens ;
- 2° Par leur richesse en germes thermophiles.

2° Germes des eaux profondes

Pour la numération des germes des eaux, nous nous sommes contenté d'ensemencements en boîtes de gélatine. Nous avons vu que tous les germes des eaux, thermophiles et non thermophiles, poussaient à 22°.

L'eau à analyser était diluée au 1/10, au 1/50 et au 1/100. 1 centimètre cube de chacune de ces dilutions était incorporé à un tube de gélatine fondu qui était ensuite coulé en boîte de PETRI. La numération des colonies était faite après 15 jours. On prenait la moyenne des trois nombres obtenus. Ce chiffre représente le nombre total des germes par centimètre cube d'eau.

Chaque germe était ensuite repiqué en gélose, puis placé successivement à 37°, 40° et 45° pour établir la proportion des microbes thermophiles.

A. — NOMBRE DE GERMES MICROBIENS PAR CENTIMÈTRE CUBE TROUVÉS DANS LES EAUX DU SAHARA

Les analyses quantitatives ont pu être faites seulement pour les eaux de Bou Saâda et de Biskra qui ont été envoyées dans la glace.

1° Eaux de Bou Saâda.

a. — Source Aïn Caïd.

Nombre de germes au centimètre cube. 873

Nombre de liquéfiant. 123

b. — Source Aïounets.

Nombre de germes au centimètre cube	107
Nombre de liquéfians.	40

2° Eaux de Biskra. Sources de Tolga.

a. — Seguia de Sebkha.

Nombre de germes au centimètre cube	137
Nombre de liquéfians.	83

b. — Source Mernanèche.

Nombre de germes au centimètre cube	186
Nombre de liquéfians.	56

c. — Source Foltana.

Nombre de germes au centimètre cube	250
Nombre de liquéfians.	7

d. — Source Sedoud.

Nombre de germes au centimètre cube	183
Pas de liquéfians.	

B. — PROPORTION DES GERMES THERMOPHILÈS ET NON THERMOPHILES
TROUVÉS DANS LES EAUX DU SAHARA

1° Bou Saâda.

Source Aïn Caïd	pas de thermophiles.
Source Aïounets	—

2° Biskra, Village de Tolga.

Dans les quatre sources :

2 coccobacilles non thermophiles	1 coccobacille thermophile.
3 vibrions non thermophiles	1 vibron thermophile.
1 levure non thermophile.	

Total : 6 bactéries non thermophiles, 2 bactéries thermophiles.

3° Seguia de la palmeraie de Figuig.

3 vibrions non thermophiles 2 vibrions thermophiles.
2 bacilles non thermophiles 1 coccobacille thermophile.

Total : 5 bactéries non thermophiles, 3 bactéries thermophiles.

4° Bassin cimenté sur une seguia du jardin de Figuig.

1 vibron non thermophile 1 coccobacille thermophile.
1 bacille non thermophile

Total : 2 bactéries non thermophiles, 1 bactérie thermophile.

5° Source d'Oudaghir et d'Oulad Sliman.

Rien que des thermophiles.

3 vibrions.
1 coccobacille.
1 tétragène.
1 staphylocoque.

On peut voir par le tableau suivant que les germes thermophiles sont en proportion d'autant plus forte que les eaux sont à une température plus élevée.

Eaux de Bou Saâda	Temp. ordinaire	Pas de thermophiles.
Eaux de Biskra	Temp. ordinaire	2 bactéries thermophiles. 6 bactéries non thermo.
Eaux de Figuig	Temp. 25°	4 bactéries thermophiles. 7 bactéries non thermophiles.
Eaux de Ouled Sliman et d'Oudaghir	Temp. 30°	6 bactéries thermophiles, pas de bactéries non thermo- philes.

Il résulte de ces faits : 1° que les eaux du Sahara sont peu chargées en germes microbiens ; 2° que la proportion des germes thermophiles augmente avec la température de l'eau.

CHAPITRE IV

BACTÉRIES THERMOPHILES DES SABLES

1° Sables d'El-Oued (Sahara constantinois)

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 1

Staphylocoque blanc de 1 μ .

Il prend bien le Gram et les colorants à toutes les températures.

Il pousse bien à 22°. Sa température de culture optima est de 37°.

Il pousse jusqu'à 45°.

A cette température, il ne pousse que dans la moitié supérieure du tube de gélose inclinée, et perd sa vitalité au bout de deux jours.

Culture en bouillon. Trouble abondant uniforme.

Culture en gélatine. Forte liquéfaction débutant par une liquéfaction en godet.

Culture en gélose, aspect blanchâtre. Culture abondante en gélose salée à 30 p. 1000 et à 60 p. 1000.

En sérum coagulé à 37°, culture blanchâtre abondante.

En pomme de terre à 22°, enduit blanchâtre.

Aucune action fermentative sur les sucres. Pas d'action sur le lait tournesolé. Il ne digère pas l'albumine coagulée. Il ne donne pas d'indol. Pas d'action pathogène pour le cobaye et la souris.

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 2

Gros staphylocoque blanc ayant tendance à se placer en tétra :
Dimensions : 2 μ

Il prend bien le Gram et les colorants à toutes les températures.

Il pousse à 22°. Sa température de culture optima est 40°. Il pousse jusqu'à 45°. A cette température, il ne se développe que dans la moitié supérieure du tube de gélose inclinée et il perd sa vitalité au bout de 2 jours.

Culture en bouillon. Trouble uniforme.

Culture en gélatine. Très légère liquéfaction.

Culture en gélose. Aspect blanchâtre.

Culture abondante en gélose salée à 30 p. 1000 et 60 p. 1000.

En sérum coagulé à 37°, culture blanchâtre.

En pomme de terre à 22°, enduit blanchâtre.

Aucune action fermentative sur les sucres. Pas d'action sur le lait. Il ne digère pas l'albumine coagulée. Il ne donne pas d'indol. Pas d'action pathogène pour le cobaye et la souris.

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 3

Petit bacille très mobile sporulé au 2/3 ou en son milieu, sans renflement du bacille. La spore est ovoïde.

Les dimensions du bacille sont de 4 μ sur 1 μ .

Il pousse bien à 22°. Sa température de culture optima est comprise entre 40° et 45°. Il pousse jusqu'à 60°.

Il prend uniformément le violet de gentiane à toutes les températures.

Il prend bien le Gram de 22° à 45°. Le Gram est décoloré en partie pour les cultures développées entre 45° et 60°. Le Gram se décolore d'autant plus que les cultures sont plus vieilles.

La formation des spores ne se produit qu'entre 22° et 50° dans les cultures jeunes. Dans les vieilles cultures, on trouve des spores à toutes les températures.

Culture en bouillon. Voile blanc très mince à la surface, se relevant sur les bords du tube. Aucun trouble dans la masse du bouillon.

Culture en gélatine. En gélatine, ce microbe donne des petites colonies rondes couleur gris de fer.

En gélatine profonde, culture moyennement abondante jusqu'au fond de la piqure. Toute la partie supérieure du tube est liquéfiée avec un léger voile blanc à la surface.

Culture en gélose. Colonies blanches opaques, sèches, rondes avec un petit cratère au centre. Elles s'enlèvent d'un seul bloc au bout du fil de platine.

A 37° les bacilles sont longs et très mobiles.

De 45° à 60°, les bacilles sont moins longs, plus épais et beaucoup moins mobiles.

Culture abondante en gélose salée à 30 p. 1000 et à 60 p. 1000.

En sérum coagulé à 37°, petites colonies en gouttes de rosée et liquéfaction rapide.

En pomme de terre à 22°, culture abondante grisâtre avec quelques replis proéminents blanchâtres.

Ce microbe ne fait fermenter aucun sucre ni à 37° ni à 50°.

Il ne réduit pas les nitrates. Il ne fait pas virer le lait tournesolé et ne le coagule pas.

Il digère les blocs d'albumine coagulée en bouillon avec réaction alcaline.

Il ne donne pas d'indol.

Il n'a pas d'action pathogène pour le cobaye et la souris.

C'est un aérobie strict du groupe du subtilis.

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 4

Gros bacille, peu mobile, de 8 à 10 μ sur 1 μ .

Il donne des spores rondes qui se forment à l'extrémité du bacille dans un renflement : formes en épingle.

Il pousse bien à 22°. Sa température de culture optima est comprise entre 40° et 45°. Il pousse jusqu'à 60°.

Il prend bien le violet de gentiane à toute température. Il prend le Gram incomplètement jusqu'à 45°. Le Gram est complètement décoloré dans les cultures développées au-dessus de 45°.

Il se développe mal en gélose glucosée profonde.

On ne trouve que quelques colonies dans la zone de la gélose qui avoisine la surface.

Les spores se forment de 22° à 45°. Elles apparaissent dès le 2^e jour. Au bout de 4 à 5 jours, on ne trouve plus que des spores dans la culture.

Culture en bouillon. Trouble uniforme, pas de voile, dépôt floconneux.

Culture en gélatine. Colonies liquéfiantes à bord irrégulier, festonné.

En gélatine profonde, culture abondante dans la partie supérieure de la piqure, très grêle dans la partie inférieure.

La partie supérieure est liquéfiée en entonnoir aboutissant à un godet.

Culture en gélose. Culture transparente, lisse à la surface. Elle devient plus épaisse et blanchâtre à mesure qu'elle vieillit, elle envoie dans la profondeur de la gélose de petites houppes plumeuses.

A partir de 45°, ces houppes n'existent plus, et le microbe ne se développe que dans la moitié supérieure du tube de gélose inclinée. Aux hautes températures, les éléments microbiens sont plus courts et plus épais.

Ce microbe donne une culture abondante en gélose salée à 30 p. 1000 et à 60 p. 1000.

En sérum coagulé, culture peu abondante en gouttes de rosée.

En pomme de terre, à 22°, culture brun verdâtre abondante.

Ce microbe ne fait fermenter aucun sucre ni à 37° ni à 50°. Il ne réduit pas les nitrates, n'a pas d'action sur l'albumine coagulée. Il ne fait pas virer le lait tournesolé et ne le coagule pas. Il ne forme pas d'indol.

Il n'a pas d'action pathogène pour le cobaye et pour la souris.

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 5

Grosse bactérie à extrémités rectangulaires, immobile, de 10 à 15 μ sur 2 μ .

Elle ne sporule pas.

Elle pousse à 22°. Sa température de culture optimale est comprise entre 40° et 45°. Elle ne se développe pas au-dessus de 50°.

Elle prend bien le violet à toutes les températures.

Elle prend incomplètement le Gram à 37° et à 45°. Le Gram est complètement décoloré au-dessus de 45°.

Elle ne se développe pas en gélose glucosée profonde.

Culture en bouillon. Il se forme un dépôt floconneux blanchâtre au fond du tube. La masse du bouillon reste claire. Il ne se développe pas de voile.

Culture en gélatine. Colonies blanchâtres, à bords festonnés et à aspect cotonneux.

En gélatine par piqûre, culture surtout abondante dans la partie supérieure du tube. Il se forme un entonnoir dans le haut. Tout autour se développe la culture blanchâtre.

Culture en gélose. Colonies blanchâtres opaques; le centre de la colo-

nie est plus blanc et forme des prolongements étoilés. Sur le bord de la colonie, liseré plus clair.

Ce microbe n'a jamais poussé en gélose par piqûre. Il n'a pas pu être conservé.

Les cultures développées à haute température sont plus opaques et ont un aspect plus cotonneux.

Culture abondante en gélose salée à 30 p. 1000 et à 60 p. 1000.

En sérum coagulé, léger semis à peine perceptible à la surface du sérum.

En pomme de terre, croûte épaisse jaunâtre avec bords dentelés et à la surface, réseau de replis de même couleur proéminents.

Cette bactérie ne fait fermenter aucun sucre à 37° et à 50°. Elle n'acidifie pas et ne coagule pas le lait. Elle n'a pas d'action sur l'albumine coagulée. Elle ne réduit pas les nitrates. Elle ne forme pas d'indol.

Pas d'action pathogène sur le cobaye et la souris.

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 6

Grès bacille à bouts arrondis, immobile, de 4 à 6 μ . sur 2 μ .

Il forme des spores ovoïdes aux 2/3 de sa longueur ou à l'extrémité, sans renflement.

Il pousse bien à 22°. Sa température de culture optima est comprise entre 40° et 45°. Sa température de culture maxima est de 60°.

Il prend bien le violet. Il prend bien le Gram à 37° et à 45°. Le Gram se décolore incomplètement de 45° à 60°.

En gélose glucosée, les colonies ne se développent que dans la partie supérieure avoisinant la surface.

Il ne forme des spores qu'aux températures comprises entre 37° et 50°.

Culture en bouillon. Trouble uniforme, pas de voile, odeur de putréfaction.

Culture en gélatine. Colonies à aspect cotonneux grisâtre avec point blanc au centre.

En piqûre, culture très grêle. Pas de liquéfaction.

Culture en gélose. Culture épaisse à aspect blanc crémeux avec sur les bords prolongements barbelés plumeux. Petites houppes plumeuses dans la profondeur, dans les cultures développées au-dessous de 45° seulement.

Culture abondante en gélose salée à 30 p. 1000 et à 60 p. 1000. En sérum coagulé, culture assez abondante.

En pomme de terre à 22°, culture gris brunâtre.

Ce microbe ne fait fermenter aucun sucre. Il ne fait pas virer au rouge le lait tournesolé et ne le coagule pas. Il n'a pas d'action sur les nitrates, et sur l'albumine coagulée. Il ne produit pas d'indol.

Il n'a pas d'action pathogène pour le cobaye et la souris.

2° Sables du Grand Erg

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 15

Petit staphylocoque blanc de 1 μ .

Il pousse bien à 22°. Sa température de culture optima est comprise entre 37° et 40°. Il pousse jusqu'à 45°. Entre 40° et 45°, il ne pousse en gélose inclinée que dans la partie supérieure du tube. A cette température, les cultures ne conservent leur vitalité que pendant 2 jours.

Il prend bien le violet et le Gram à toute température.

En gélose glucosée profonde, pas de culture.

Culture en bouillon. Trouble uniforme, gros dépôt dans le fond.

Culture en gélatine. Colonies rondes blanches.

En gélatine profonde, culture abondante jusqu'au fond de la piqure. Petit entonnoir de liquéfaction à la partie supérieure.

Culture en gélose. Colonies rondes blanches.

Culture abondante en gélose salée à 30 et à 60 p. 1000.

En sérum coagulé, culture abondante blanchâtre.

En pomme de terre à 22°, culture abondante blanche.

Il ne fait fermenter aucun sucre. Il ne fait pas virer au rouge le lait tournesolé et ne le coagule pas.

Il ne digère pas l'albumine coagulée. Il ne donne pas d'indol.

Pas d'action pathogène pour le cobaye et la souris.

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 16

Tétragène jaune citron de 2 μ .

Il pousse bien à 22°. Sa température de culture optima est comprise entre 37° et 40°. Il pousse jusqu'à 45°.

Au-dessus de 40°, il ne pousse en gélose inclinée que dans la partie

supérieure du tube et les cultures ne sont repiquables que pendant deux jours.

Il prend bien le violet et le Gram à toute température.

En gélose glucosée, pas de culture.

Culture en bouillon. Trouble floconneux dans toute la masse avec dépôt dans le fond.

Culture en gélatine. Colonies rondes jaunes.

En gélatine profonde, culture assez abondante jusqu'au fond. Pas de liquéfaction.

Culture en gélose. Colonies épaisses, bombées, jaunes. Culture abondante en gélose salée à 30 et à 60 p. 1000.

En sérum coagulé, culture abondante jaune.

En pomme de terre à 22°, culture abondante blanche et jaune par places.

Ce microbe ne fait fermenter aucun sucre. Il n'acidifie pas le lait et ne le coagule pas.

Il ne digère pas l'albumine coagulée. Il ne donne pas d'indol.

Pas d'action pathogène pour le cobaye et la souris.

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 17

Petit coccobacille, seul, par deux ou en amas comme le staphylocoque.

Ses dimensions sont 1,5 μ sur 1 μ .

Il pousse bien à 22°. Sa température de culture optima est comprise entre 37° et 40°. Il pousse jusqu'à 45°, mais à partir de 40° dans la partie supérieure seulement des tubes de gélose inclinée. A cette température, il ne conserve sa vitalité que pendant deux jours.

Il prend bien le Gram à 37°. Au-dessus de 40°, le Gram se décolore en partie.

Il ne donne pas de culture en gélose glucosée.

Culture en bouillon. Trouble uniforme et dépôt dans le fond. Tous les microbes sont réunis en amas.

Culture en gélatine. En gélatine inclinée, culture très grêle jaune. Pas de liquéfaction. En gélatine profonde, très faible culture jusqu'à la moitié de la piqure. Pas de liquéfaction.

Culture en gélose. Petites colonies jaunes foncées.

A 45° les formes coccobacillaires deviennent plus grosses et massuées.

La culture en gélose salée à 30 p. 1000 est abondante. En gélose salée à 60 p. 1000, elle est discrète.

En sérum coagulé, culture abondante blanchâtre.

En pomme de terre à 22°, culture blanche légèrement jaune par places.

Il ne fait fermenter aucun sucre. Il n'acidifie pas le lait et ne le coagule pas.

Il ne digère pas l'albumine coagulée.

Il ne donne pas d'indol.

Pas d'action pathogène pour le cobaye et la souris.

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 18

Tétragène blanc de 2 μ .

Il pousse bien à 22°. Sa température de culture optima est comprise entre 37° et 40°. Sa température de culture maxima est 45°. Entre 40° et 45°, il ne pousse qu'à la partie supérieure du tube de gélose inclinée, et il perd sa vitalité au bout de deux jours.

Il prend bien le violet et le Gram à toute température.

En gélose glucosée, il ne donne pas de culture.

Culture en bouillon. Trouble uniforme et petit dépôt dans le fond.

Culture en gélatine. Petites colonies blanches. Pas de liquéfaction.

En gélatine profonde, culture peu abondante jusqu'à la moitié de la piqure. Pas de liquéfaction,

Culture en gélose. Culture abondante blanche.

En gélose salée à 30 et à 60 p. 1000, culture assez abondante.

En sérum coagulé, culture peu abondante blanchâtre.

En pomme de terre à 22°, culture abondante blanche.

Il ne fait fermenter aucun sucre. Il n'acidifie pas et ne coagule pas le lait. Il ne digère pas l'albumine coagulée.

Il ne donne pas d'indol.

Pas d'action pathogène pour le cobaye et la souris.

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 20

Petit coccobacille de 2 μ sur 1 μ .

Les microbes se disposent en amas comme le staphylocoque.

Les amas sont très compacts et se laissent très difficilement dissocier par le fil de platine sur la lame.

Il pousse mal à 22°. Sa température de culture optima est comprise entre 37° et 40°. Il pousse jusqu'à 45°.

Il prend bien le violet et le Gram à toute température.

En gélose glucosée, il ne donne pas de culture.

Culture en bouillon. Trouble uniforme et dépôt dans le fond.

Culture en gélatine. Culture très grêle. Petites colonies blanches.

En gélatine profonde, culture très grêle dans le haut de la piqure seulement. Pas de liquéfaction.

Culture en gélose. Petites colonies rondes, blanches, très compactes, très difficiles à prendre au bout du fil de platine, glissant à la surface de la gélose.

Culture très abondante en gélose salée à 30 et 60 p. 1000.

En sérum coagulé, culture blanche assez abondante.

En pomme de terre à 22°, culture blanche très adhérente, peu abondante.

Il ne fait fermenter aucun sucre. Il n'acidifie pas et ne coagule pas le lait.

Il ne digère pas l'albumine coagulée.

Il ne donne pas d'indol.

Pas d'action pathogène pour le cobaye et la souris.

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 21

Bacille mobile de 4 μ sur 1,5 μ .

Il donne des spores ovoïdes qui se forment aux 2/3 du bacille sans renflement.

Il pousse bien à 22°. Sa température de culture optima est 40°. Il ne se développe pas au-dessus de 45° à 50°.

Il prend bien le violet de gentiane à 37°. Il se colore mal à 45°.

Il prend le Gram incomplètement à 37° et à 45°.

En gélose glucosée profonde, il ne se développe pas.

Les spores se forment surtout à 37°. Elles sont peu nombreuses dans les cultures à 22°. On n'en trouve pas dans les cultures à 45°.

Culture en bouillon. Voile blanc à la surface remontant sur les bords du tube, aucun trouble dans la profondeur.

Culture en gélatine. Liquéfaction rapide. En gélatine par piqure, liquéfaction en godet.

	Dimensions	Temp. de culture minima	Temp. de culture optima	Temp. de culture maxima	Gram à 37°	Gram à 45°	Gélose ordinaire	Gélose salée à 30 p. 1.000	Gélose salée à 60 p. 1.000	Gélatine inclinée	Gélatine profonde	Bouillon	Sérum coagulé	Pomme de terre
Tétragène n° 14. . . .	2 μ	22°	40°-45°	50°	prend le Gram	décoloré en partie	culture jaune foncé	culture abondante	culture abondante	légère liquéfaction après 10 jours	pas de liquéfaction	nombreux petits flocons	culture jaune liquéfaction	culture jaune
Staphylocoque n° 7. .	1,5 à 2 μ	22°	40°-45°	50°	prend le Gram	prend le Gram	culture jaune doré	culture abondante	culture abondante	légère liquéfaction après 10 jours	pas de liquéfaction	trouble	culture jaune pas de liquéfaction	culture jaune
Coccobacille n° 8. . .	1,5 sur 1 μ	22°	40°	45°	ne prend pas le Gram	ne prend pas le Gram	colonies rondes blanc crèmeux	culture abondante	pas de culture	légère liquéfaction après 10 jours	pas de liquéfaction	trouble	pas de liquéfaction	culture grisâtre
Coccobacille n° 22. .	2 μ sur 1 μ	22°	40°	45°	ne prend pas le Gram	ne prend pas le Gram	colonies blanchâtres	culture abondante	pas de culture	colonies transparentes pas de liquéfaction	pas de liquéfaction	trouble	pas de liquéfaction	culture brunâtre

Culture en gélose. Culture blanchâtre transparente d'abord, puis elle devient opaque. A 45° la culture sur gélose reste tout à fait transparente. A cette température, le bacille a une forme moins allongée, plus coccobacillaire. On observe un grand nombre d'éléments détruits.

Culture abondante en gélose salée à 30 et 60 p. 1000.

En sérum coagulé, culture abondante blanche peu apparente, liquéfaction complète très rapide.

En pomme de terre, culture abondante brunâtre avec replis plus clairs à la surface.

Ce microbe ne fait fermenter aucun sucre.

Il ne fait pas virer le lait tournesolé et ne le coagule pas.

Il digère l'albumine coagulée. Il ne donne pas d'indol.

Ce microbe est un aérobie strict du groupe du subtilis.

Pas d'action pathogène.

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 24

Bacille mobile de 2 μ sur 1,5 μ .

Il donne des spores rondes sans renflement à la moitié, aux 2/3 ou à l'extrémité. Les spores se forment surtout à 37°.

Il pousse bien à 22°. Sa température de culture optima est 40°. Il ne se développe pas au-dessus de 45°-50°.

Il prend bien les couleurs d'aniline à toute température.

Il prend bien le Gram à 37°. A 45°, le Gram est décoloré en partie.

En gélose glucosée profonde, pas de culture.

Culture en bouillon. Voile gluant visqueux, s'effritant dans la masse. Forte odeur de putréfaction.

Culture en gélatine. En gélatine inclinée, la culture est abondante. Liquéfaction complète au bout de 8 jours.

En gélatine par piqûre, la liquéfaction ne se produit pas dans la partie supérieure.

Culture en gélose. Culture épaisse à aspect blanc crémeux. Forte odeur de putréfaction.

Culture abondante en gélose salée à 30 et 60 p. 1000.

En sérum coagulé, culture blanchâtre peu apparente. Pas de liquéfaction.

En pomme de terre, culture peu abondante, blanchâtre.

Il n'a pas d'action sur le lait tournesolé. Il ne fait fermenter aucun sucre. Il ne digère pas l'albumine coagulée.

Il ne produit pas d'indol.

Ce microbe se rapprocherait pas ses caractères du groupe du mesentericus.

Pas d'action pathogène.

3^o Sables de Figuig (Sahara oranais)

BACTÉRIE THERMOPHILE N^o 25

Comme la bactérie n^o 3 (El-Oued).

BACTÉRIE THERMOPHILE N^o 26

Comme la bactérie n^o 5 (El-Oued).

2 STREPTOTHRICÉES thermophiles poussant jusqu'à 50°, l'une donnant des cultures blanchâtres adhérentes à la gélose, l'autre donnant des cultures à pigment rouge.

Elles n'ont pas donné de culture après les premiers passages.

4^o Classification et caractères des bactéries thermophiles des sables

Nous pouvons ranger en deux groupes les bactéries thermophiles que nous avons isolées de sables :

A. — Groupe des staphylocoques, tétragènes, coccobacilles.

B. — Groupe comprenant les genres *Bacillus* et *Bacterium*.

A. — GROUPE DES STAPHYLOCOQUES, TÉTRAGÈNES, COCCOBACILLES

Leurs principaux caractères sont consignés dans le tableau ci-joint :

Les staphylocoques, tétragènes, coccobacilles forment un groupe très homogène dont les caractères généraux sont les suivants :

Ils poussent à 22°. Leur température de culture optima est comprise entre 37° et 40°. Ils ne se développent pas au-dessus de 45°.

Ils sont tous aérobies. Ils ne se développent pas en gélose glucosée profonde. Ils poussent mal en gélose ou en gélatine par piqûre. Ils sont donc à un très faible degré anaérobies facultatifs.

	Dimensions	Temp. culture minima	Temp. culture optima	Temp. culture maxima	Gram à 37°	Gram à 45°	Spores	Formation des spores	Mobilité	Gélose ordinaire	Gélose salée à 30 p. 1.000	Gélose salée à 60 p. 1.000	Gélatine inclinée	Gélatine profonde	Bouillon	Sérum coagulé	Pomme de terre	Gélose glucosée
Bactérie N° 3. . .	1 μ sur 1 μ	22°	40°-45°	60°	Positif	décoloré en partie	ovoides sans renflement	entre 22° et 50°	très mobile	colonies blanches opaques	culture abondante	culture abondante	liquéfaction	liquéfaction	voile à la surface	culture discrète liquéfaction	culture grisâtre	pas de culture dans la profondeur
Bactérie N° 4. . .	8 à 10 μ sur 1 μ	22°	40°-45°	60°	décoloré en partie	complètement décoloré	rondes avec renflement	entre 22° et 45°	peu mobile	culture transparente	culture abondante	culture abondante	liquéfaction	liquéfaction en entonnoir	trouble uniforme	culture discrète	culture brun verdâtre	pas de culture dans la profondeur
Bactérie N° 5. . .	10 à 15 μ sur 2 μ	22°	40°-45°	50°	décoloré en partie	complètement décoloré	pas de spores		immobile	colonies blanches	culture abondante	culture abondante	liquéfaction	liquéfaction en entonnoir	dépôt floconneux	culture discrète	culture jaunâtre	pas de culture dans la profondeur
Bactérie N° 6. . .	4 à 6 μ sur 2 μ	22°	40°-45°	60°	positif	décoloré en partie	ovoides sans renflement	entre 37° et 50°	immobile	colonies blanchâtres	culture abondante	culture abondante	pas de liquéfaction	pas de liquéfaction	trouble uniforme	culture assez abondante	culture gris foncé	pas de culture dans la profondeur
Bactérie N° 21 . .	4 μ sur 1,5 μ	22°	40°	45°-50°	décoloré en partie	décoloré en partie	ovoides sans renflement	entre 22° et 40°	mobile	colonies blanchâtres	culture abondante	culture abondante	liquéfaction	liquéfaction en entonnoir	voile à la surface	culture discrète liquéfaction	culture brunâtre	pas de culture
Bactérie N° 24 . .	2 μ sur 1,5 μ	22°	40°	45°-50°	positif	décoloré en partie	ovoides sans renflement	à 37°	mobile	colonies transparentes	culture abondante	culture abondante	liquéfaction	très légère liquéfaction	voile gluant s'effritant dans la masse	culture discrète	culture blanchâtre	pas de culture

Au-dessus de 40°, ils ne se développent que dans la partie supérieure des tubes de gélose inclinée. L'aérobiose augmente donc avec la température.

Ils prennent tous le Gram.

Leurs pigments se développent le mieux à la température de culture optima.

Ils donnent une culture abondante en gélose salée à 30 et à 60 p. 1000.

Ils ne liquéfient pas la gélatine ou ils la liquéfient faiblement.

En résumé, ce sont des microbes non sporulés, prenant le Gram, poussant aux températures basses, mais pouvant supporter de plus hautes températures que les microbes ordinaires, s'accommodant d'une forte proportion de sel marin, aérobies et d'autant plus aérobies que la température est plus élevée. Ils ne liquéfient pas la gélatine ou la liquéfient très faiblement.

B. — GROUPE DES GENRES *BACILLUS* ET *BACTERIUM*

Les microbes appartenant au groupe *Bacillus* et *Bacterium* ont les caractères suivants (v. aussi le tableau) :

Leur température de culture minima est de 22°.

Leur température de culture optima est comprise entre 40° et 45°. Ils poussent jusqu'à 50 et 60°.

Ils prennent le Gram complètement ou incomplètement à 37°. A 45° et au-dessus, le Gram est décoloré en partie ou complètement.

Toutes ces bactéries sont sporulées, excepté le n° 5 ; leurs spores résistent à un chauffage de 15' à 100°.

La température optima pour la formation des spores est de 37°.

Toutes ces bactéries donnent une culture abondante en gélose salée à 30 et à 60 pour 1000.

Elles liquéfient toutes la gélatine excepté le n° 6.

Elles poussent toutes en sérum coagulé ; les n°s 3 et 21 seuls le liquéfient.

En gélose glucosée profonde, il n'y a pas de colonies dans la

profondeur. Les bactéries 3 et 21 sont des aérobies stricts. Toutes les autres, quoique se développant dans toute la masse du bouillon, ne poussent pas en gélose glucosée profonde et poussent mal en piqure. Elles sont donc toutes très nettement aérobies. Cette aérobiose augmente avec la température.

En résumé ce sont des microbes sporulés, prenant le Gram poussant aux températures ordinaires et pouvant supporter des températures plus élevées que les microbes du groupe précédent, s'accommodant d'une forte proportion de sel marin, aérobies et d'autant plus aérobies que la température est plus élevée. Ils liquéfient la gélatine. Leurs spores résistent à un chauffage de 15' à 100°.

CHAPITRE V

BACTÉRIES THERMOPHILES DES EAUX PROFONDES

1° Eaux de Biskra (Sahara Constantinois)

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 22

Coccobacille immobile, isolé, en diplo ou en amas.

Ses dimensions sont de $2\ \mu$ sur $1\ \mu$.

Ce microbe ne sporule pas. Il ne prend pas le Gram. Il prend bien les colorants. C'est un anaérobie facultatif. En 24 heures, il fait éclater toute la gélose glucosée.

Sa température de culture optima est de 37° à 40° .

Il pousse bien jusqu'à 45° . Pas de culture à 50° . Il pousse à 22° . Au bout de 3 jours, les cultures en gélose à 45° ne sont plus repiquables ; en bouillon, sa vitalité à 45° est plus longue.

Culture en bouillon. A 37° et à 45° , trouble très abondant. A 45° , les formes sont plus grosses qu'à 37° ; la culture paraît un peu plus abondante.

Culture en gélatine. Culture à 22° abondante, transparente. Colonies petites, rondes, transparentes ; en gélatine profonde, culture abondante, jusqu'au fond. Pas de liquéfaction.

Culture en gélose. A 37° , culture abondante, transparente, très légèrement blanchâtre. Formes coccobacillaires.

A 45° , la culture est presque aussi abondante et présente le même aspect, mais les coccobacilles s'allongent et prennent la forme bacillaire.

En sérum coagulé à 37° , culture abondante en gouttes de rosée. Formes coccobacillaires petites. Pas de liquéfaction.

En pomme de terre, culture brunâtre.

En gélose salée 3 o/o, culture très abondante.

En gélose salée 6 o/o, pas de culture.

Ce microbe fait virer au rouge le lait tournesolé, il ne le coagule pas. Il fait fermenter le lactose, le maltose, le galactose.

Il ne digère pas l'albumine coagulée. Il ne produit pas d'indol. Pas d'action pathogène sur le cobaye et la souris.

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 23

Vibron mobile, à forme plutôt coccobacillaire. Il prend quelquefois une forme plus allongée et légèrement incurvée.

Ses dimensions sont de 1,5 μ sur 0,5 μ .

Il ne prend pas le Gram et prend bien les colorants.

Sa température de culture optima est de 37°-40°. Il pousse bien à 22° et à 45°. Il ne pousse pas à 50°. Au bout de 3 jours, la culture en gélose à 45° n'est plus repiquable. En bouillon, la vitalité de la culture persiste plus longtemps.

Culture en pepto-gélo sel. Trouble abondant dans toute la masse du liquide. Il ne se forme un léger voile qu'au bout de quelques jours. Culture abondante à 37° et 45°. Formes surtout vibrioniennes, allongées et incurvées.

Culture en bouillon. Trouble abondant. Formes surtout vibrioniennes. Au bout de 3 jours, donne un voile à 37° et presque pas de voile à 45°.

Culture en gélatine. Culture à 22° abondante, transparente. Colonies rondes transparentes.

En gélatine profonde, culture abondante jusqu'au bout de la piqûre. Au bout de 15 jours, liquéfaction légère, en gélatine inclinée; liquéfaction en entonnoir en gélatine profonde.

Culture en gélose. A 37°, culture abondante, transparente, légèrement blanchâtre. Formes coccobacillaires.

A 45°, culture presque aussi abondante et de même aspect qu'à 37°. Mais les formes vibrioniennes sont plus épaisses et plus longues qu'à 37°. Véritables formes d'involution; gros bacilles massués.

En sérum coagulé, à 37°, culture abondante: gouttes de rosée blanche, toutes petites, formes coccobacillaires. En pomme de terre à 22°, culture abondante brunâtre.

En gélose salée 3 o/o, culture abondante.

En gélose salée 6 o/o, pas de culture.

Il ne fait pas virer le lait tournesolé et ne le coagule pas. Il ne donne pas la réaction de l'indol.

Il n'est pas agglutiné par le sérum anticholérique.

Il n'élabore pas d'hémolysines et ne donne pas le phénomène de PFEIFFER.

2° Eaux de Figuig (Sahara Oranais)

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 8

Coccobacille immobile, de $1,5 \mu$ sur 1μ .

Il s'arrange souvent en amas comme le staphylocoque. Il n'est pas sporulé. Il prend uniformément les colorants et ne prend pas le Gram.

En gélose glucosée profonde, pas de culture.

Il pousse à 22° et jusqu'à 45° . Sa température de culture optima est de 40° .

En gélose et en bouillon à 45° , il conserve sa vitalité pendant 8 jours environ. A 37° , la culture en gélose est encore repiquable au bout d'un mois.

En bouillon, il donne un trouble uniforme et un dépôt floconneux dans le fond du tube.

Culture en gélatine : En gélatine inclinée à 22° , petites colonies roses transparentes en gouttes de rosée.

En gélatine profonde, il pousse jusqu'au fond de la piqure, sans la liquéfier. En gélatine inclinée seulement, il donne une légère liquéfaction, au bout de 10 jours.

Culture en gélose : Colonies rondes, d'aspect blanc crémeux.

Il pousse bien en gélose salée 3 o/o.

Il ne pousse pas en gélose salée 6 o/o.

En sérum coagulé, il donne une culture très discrète.

Sur pomme de terre, glacis humide légèrement grisâtre après 3 jours.

Il ne donne pas d'indol, ne digère pas l'albumine, ne fait pas virer le lait tournesolé et ne le coagule pas, et ne fait pas fermenter les sucres.

Aucune action pathogène sur le cobaye ni la souris.

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 9

Vibron très mobile, forme bacillaire peu incurvée. Ses dimensions sont de 2μ sur $0,5 \mu$.

Il ne prend pas le Gram.

Il pousse à 22° et jusqu'à 45°. Sa température de culture optima est 40°.

A 45°, il conserve sa vitalité pendant 12 jours et à 37° pendant plus d'un mois.

Culture en pepto gélo sel. Il ne donne pas de voile, mais forme dans la masse du liquide un grand nombre de tout petits flocons.

Culture en bouillon. Voile et trouble dans la masse.

Culture en gélatine. A 22°, petites colonies transparentes, culture peu abondante, légère liquéfaction au bout de 15 à 20 jours. En gélatine profonde, culture à peine perceptible, en haut de la piqûre.

Culture en gélose. Culture abondante, transparente. Il donne une culture abondante en gélose salée à 3 o/o et à 6 o/o. En sérum solidifié à 37°, culture abondante, enduit crémeux. Le sérum est liquéfié au bout de 10 jours. En pomme de terre, à 22°, culture abondante. Un pigment jaune clair se développe au bout de 3 jours. La réaction de l'indol est négative.

Il ne fait pas virer le lait tournesolé et ne le coagule pas.

Il est agglutiné au 1/100 par un sérum anticholérique spécifique. Il n'est pas agglutiné au 1/1000.

Il n'élabore pas d'hémolysines.

Il ne donne pas le phénomène de PFEIFFER.

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 10

Vibron très mobile, forme bacillaire.

Ses dimensions sont de 2 μ sur 0,5 μ .

Il ne prend pas le Gram.

Il pousse mal à 22°. Sa température de culture maxima est de 45°. Sa température de culture optima est de 40°.

Les cultures à 45° ne conservent leur vitalité que pendant 12 jours. A 37°, elles sont repiquables encore après un mois.

Culture en pepto gélo sel : Pas de voile. Nombreux petits flocons en suspension dans le liquide qui reste clair. Gros dépôt floconneux dans le fond.

Culture en bouillon : Voile et trouble.

Culture en gélatine : A 22°, petites colonies transparentes. Culture peu abondante. Au bout de 15 à 20 jours, légère liquéfaction.

Il ne pousse presque pas en gélatine profonde.

Culture en gélose : Culture abondante, aspect blanc grisâtre.

Culture abondante en gélose salée à 3 o/o.

Pas de culture en gélose salée à 6 o/o.

En sérum solidifié à 37°, culture abondante blanc crémeux. Le sérum est liquéfié au bout de 10 jours.

En pomme de terre, à 22°, glacis humide blanc peu apparent, culture peu abondante.

La réaction de l'indol est négative.

Ce vibron ne fait pas virer au rouge le lait tournesolé et ne le coagule pas.

Il est agglutiné au 1/100 par le sérum anticholérique, mais pas au 1/1000. Il donne un phénomène de PFEIFFER positif. Il n'élabore pas d'hémolysines.

Pas d'action pathogène sur le cobaye et la souris.

3° Eaux de Oulad-Sliman

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 19

Identique à la bactérie thermophile de Figuig n° 8.

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 14

Tétragène, immobile, dimensions 2 μ .

Il pousse bien à 22°. Sa température de culture optima est entre 40° et 45°. Il pousse jusqu'à 50°. A 37°, il prend bien le Gram et les colorants. A 50°, les microbes paraissent entourés d'une gangue qui les protège du colorant. Il se colore mal par le violet de gentiane, et, par le Gram, il se décolore en partie.

A 45°, il conserve sa vitalité en bouillon et en gélose pendant plus de 15 jours.

Pas de culture en gélose glucosée profonde.

Culture en bouillon : La culture est formée de nombreux petits flocons dans toute la masse du liquide. Pas de voile. Au bout de 3 à 4 jours, dépôt fibrineux dans le fond du tube.

Culture en gélatine : Petites colonies jaunâtres qui liquéfient légèrement la gélatine au bout de 10 jours seulement. En gélatine profonde, culture assez abondante. Au bout de 20 jours, aucune liquéfac-

tion. Au bout d'un mois, légère liquéfaction dans la partie supérieure au contact de l'air.

Culture en gélose : Culture abondante jaune foncé ; le pigment se développe encore à 50°, mais il est un peu plus clair qu'à 37°.

Culture abondante en gélose salée à 3 o/o et 6 o/o.

En sérum solidifié, culture jaune foncé abondante.

Au bout de 12 jours, tout le sérum est liquéfié.

En pomme de terre, à 22°, glacis humide, jaune par places au bout de 3 jours.

Il ne donne pas la réaction de l'indol, ne fait pas fermenter les sucres, n'acidifie pas et ne coagule pas le lait, et ne digère pas l'albumine coagulée.

Aucune action pathogène sur le cobaye et la souris.

4° Eau d'Oudaghir

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 7

Staphylocoque immobile de 1,5 μ .

Il pousse bien à 22°. Sa température de culture optima est comprise entre 40° et 45°. Sa température de culture maxima est 50°.

A 45°, en gélose et en bouillon, il conserve sa vitalité pendant une quinzaine de jours, plus longtemps à 37°.

Il prend bien le Gram et les colorants à toute température.

Pas de développement en gélose glucosée profonde.

Culture en bouillon : Trouble abondant et gros dépôt fibrineux dans le fond au bout de 3 à 4 jours.

Culture en gélatine : A 22°, petites colonies jaunes. Au bout de 8 jours, légère liquéfaction. En gélatine profonde, pousse abondamment, jusqu'au fond de la piqûre. Aucune liquéfaction.

Culture en gélose : Culture abondante jaune doré.

Culture abondante en gélose salée à 3 o/o et 6 o/o.

En sérum coagulé à 37°, culture jaune abondante.

En pomme de terre à 22°, glacis humide, jaune par places, après 3 jours.

Il ne donne pas d'indol, n'acidifie pas et ne coagule pas le lait, ne fait fermenter aucun sucre, et ne digère pas l'albumine coagulée.

Aucune action pathogène sur le cobaye et la souris.

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 11

Vibron très mobile de 2 μ sur 0,5 μ .

Ne prend pas le Gram.

Il pousse peu abondamment à 22°. Sa température de culture optimale est de 40°. Il pousse jusqu'à 45°. A 37°, il conserve sa vitalité en culture pendant un mois. A 45°, il la perd plus tôt, au bout d'une huitaine de jours environ.

Culture en pepto gélo sel : Culture abondante, trouble épais avec dépôt floconneux : pas de voile. Culture en bouillon : léger voile et trouble.

Culture en gélatine : Petites colonies transparentes rares. Pas de liquéfaction.

Il n'a pas poussé en gélatine profonde.

Culture en gélose : Colonies rondes blanches, la partie centrale est ombiliquée et les bords relevés.

Dans les vieilles cultures, les colonies deviennent très adhérentes à la gélose.

Culture abondante en gélose salée à 3 o/o ; pas de culture en gélose salée à 6 o/o. En sérum coagulé, à 37°, culture transparente abondante. Au bout de 10 jours, légère liquéfaction.

En pomme de terre, à 22°, culture grêle, glacis humide peu apparent.

Ce vibron n'est pas agglutiné par un sérum anticholérique. Il ne donne pas le phénomène de PFEIFFER et n'élabore pas d'hémolysines. Il ne donne pas la réaction de l'indol. Il ne coagule pas et n'acidifie pas le lait.

Pas d'action pathogène sur la souris et le cobaye.

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 12

Vibron très mobile de 2 μ sur 0,5 μ .

Il ne prend pas le Gram.

A 22°, culture très grêle ; température de culture optimale : 40°. Il pousse jusqu'à 45°.

Il conserve sa vitalité à 37° pendant un mois. A 45°, les cultures ne sont plus repiquables au bout de 10 jours.

Culture en pepto gélo sel : Culture abondante. Pas de flocons, ni de dépôt, pas de voile.

Culture en bouillon : léger voile et trouble.

Culture en gélatine : A 22°, petites colonies transparentes, pas de liquéfaction.

Il n'a pas poussé en gélatine profonde.

Culture en gélose : Colonies blanches rondes, légèrement coniques. Elles deviennent très adhérentes à la gélose dans les vieilles cultures.

Culture abondante en gélose salée à 3 o/o.

Pas de culture en gélose salée à 6 o/o.

En sérum coagulé, à 37°, petites colonies en gouttes de rosée, pas de liquéfaction.

En pomme de terre, à 22°, culture grêle, glacis humide peu apparent.

Ce vibron n'est pas agglutiné par le sérum anticholérique. Il ne donne pas le phénomène de PFEIFFER et n'élabore pas d'hémolysines. Il ne donne pas la réaction de l'indol. Il n'acidifie pas et ne coagule pas le lait.

Pas d'action pathogène sur le cobaye et la souris.

BACTÉRIE THERMOPHILE N° 13

Vibron très mobile de 2 à 3 μ sur 0,5 μ .

Il ne prend pas le Gram.

Il pousse mieux à 22° que les deux vibrions précédents. Sa température de culture optima est 40°. Il pousse jusqu'à 45°. Il conserve sa vitalité à 37° pendant un mois et à 45° pendant huit jours.

Culture en pepto gélo sel. Voile blanc peu épais ; le liquide reste clair avec seulement quelques flocons dans la profondeur.

Culture en bouillon. Voile et trouble.

Culture en gélatine. A 22°, petites colonies transparentes. Pas de liquéfaction.

En gélatine profonde, culture très grêle, pas de liquéfaction.

Culture en gélose. Colonies polygonales d'aspect blanc jaunâtre, moins blanches que pour les vibrions précédents. Les colonies ne deviennent pas adhérentes à la gélose.

Culture abondante en gélose salée à 3 o/o.

Culture grêle en gélose salée à 6 o/o.

	Dimensions	Temp. de culture minima	Temp. de culture optima	Temp. de culture maxima	Gram à 37°	Gram à 45°	Gélose ordinaire	Gélose salée à 30 p. 1.000	Gélose salée à 60 p. 1.000	Gélatine inclinée	Gélatine profonde	Bouillon	Sérum coagulé	Pomme de terre
Staphylocoque n° 1 .	1 μ	22°	37°-40°	45°	positif	positif	aspect blanchâtre	culture abondante	culture abondante	liquéfaction	liquéfaction	trouble abondant	culture blanchâtre	enduit blanchâtre
Staphylocoque n° 2 .	2 μ	22°	37°-40°	45°	positif	positif	aspect blanchâtre	culture abondante	culture abondante	légère liquéfaction	légère liquéfaction	trouble uniforme	culture blanchâtre	enduit blanchâtre
Staphylocoque n° 15 .	1 μ	22°	37°-40°	45°	positif	positif	colonies blanches	culture abondante	culture abondante	légère liquéfaction	légère liquéfaction	trouble uniforme	culture blanchâtre	culture blanchâtre
Tétragène n° 16 . . .	2 μ	22°	37°-40°	45°	positif	positif	colonies jaune citron	culture abondante	culture abondante	pas de liquéfaction	pas de liquéfaction	trouble en flocons	culture jaune	culture jaune
Tétragène n° 18 . . .	2 μ	22°	37°-40°	45°	positif	positif	culture blanche	culture abondante	culture abondante	pas de liquéfaction	pas de liquéfaction	trouble uniforme	culture blanche	culture blanche
Coccobacille n° 17 . .	1,5 μ sur 1 μ	22°	37°-40°	45°	positif	décoloré en partie	colonies jaune foncé	culture abondante	culture peu abondante	liquéfaction	pas de liquéfaction	trouble uniforme	culture blanchâtre	culture blanche et jaune
Coccobacille n° 20 . .	2 μ su 1 μ	22°	37°-40°	45°	positif	positif	colonies blanches	culture abondante	culture abondante	pas de liquéfaction	pas de liquéfaction	trouble uniforme	culture blanche	culture blanche

En sérum coagulé à 37° petites colonies transparentes. Pas de liquéfaction.

En pomme de terre à 22°, culture à pigment jaune se développant lentement ; culture abondante après 3 jours.

Ce vibron est agglutiné au 1/100 par le sérum anticholérique. Il n'est pas agglutiné au 1/1000.

Il ne donne pas le phénomène de Pfeiffer et n'élabore pas d'hémolysines.

Il ne donne pas la réaction de l'indol. Il n'acidifie pas et ne coagule pas le lait.

Pas d'action pathogène sur le cobaye et la souris.

5° Classification et caractères des bactéries thermophiles des eaux

Nous pouvons ranger en deux groupes les bactéries thermophiles que nous avons isolées des eaux.

A. Groupe des staphylocoques-coccobacilles.

B. Groupe des vibrions.

A. — GROUPE DES STAPHYLOCOQUES, TÉTRAGÈNES, COCCOBACILLES

Nous avons dans ce groupe : 1° un tétragène.

2° Un staphylocoque.

3° Deux coccobacilles.

Leurs principaux caractères sont consignés dans le tableau ci-joint :

Les microbes de ce groupe sont tous immobiles.

Ils poussent plutôt faiblement à 22°.

Leur température de culture optima est 40° environ. Ils ne poussent pas au-dessus de 45°-50°.

A part le staphylocoque n° 7, ils ne prennent pas le Gram ou ne le gardent pas aux températures de culture élevées.

Ils donnent tous une culture abondante sur la gélose salée à 30 p. 1.000.

Le tétragène n° 14 et staphylocoque n° 7 se développent seuls sur gélose salée à 60 p. 1.000.

Aucun ne liquéfie la gélatine en profondeur. Tous, excepté le

coccobacille n° 22, liquéfient légèrement la gélatine inclinée au bout d'une dizaine de jours.

Ils ne liquéfient pas le sérum coagulé excepté le tétragène n° 14.

Tous ceux qui sont pigmentés produisent leurs pigments aussi bien à haute qu'à basse température. Cependant c'est à la température de culture optima que le pigment est le plus abondant.

Les trois premiers microbes sont aérobies et se développent mal en anaérobiose. Ils ne font fermenter aucun sucre, n'ont pas d'action sur le lait et ne donnent pas d'indol.

Seul le coccobacille n° 22 est anaérobie facultatif. Il fait virer au rouge le lait tournesolé, mais ne le coagule pas.

Aucun de ces microbes n'a d'action pathogène.

B. — GROUPE DES VIBRIONS

Les principaux caractères de ces microbes sont résumés dans le tableau ci-joint :

Il ressort de ce tableau que ces vibrions ont les caractères suivants :

1° Leur température de culture minima est 22°.

Leur température de culture optima est 40°.

Leur température de culture maxima est 45°.

2° En pepto gélé sel, et en bouillon, ils poussent dans toute la masse du liquide avec un léger voile ou sans voile à la surface.

2° En gélose, ils donnent une culture abondante d'aspect plus ou moins blanchâtre.

3° En gélatine, ils donnent des colonies transparentes. Ils poussent très difficilement en gélatine profonde. Ils ont une très faible action liquéfiante.

4° Ils poussent tous abondamment en gélose salée à 30 p. 1.000.

5° Trois d'entre eux se laissent agglutiner au 1/100 par le sérum anticholérique.

6° Ils n'élaborent pas d'hémolysines pour les globules de mouton.

7° Ils ne donnent pas la réaction indol nitreuse.

	Dimensions	Temp. culture minima	Temp. culture optima	Temp. culture maxima	Forme	Gélose	Pépto gélo sel	Gélatine inclinée	Gélatine profonde	Pomme de terre	Sérum coagulé	Gélose salée à 30 p. 1.000	Gélose salée à 60 p. 1.000	Agglutination	Phénomène de Pfeiffer	Hémolyse	Réaction indol nitreuse
Vibron 9	2 μ sur 0,5 μ	22°	40°	45°	bacillaire peu incurvée	culture abondante transparente	grand nombre de petits flocons pas de voile	petites colonies transparentes légère liquéfaction	pas de culture	culture abondante jaune clair	enduit crémeux liquéfaction	culture abondante	culture abondante	positive au 1/100	o	o	o
Vibron 10	2 μ sur 0,5 μ	22°	40°	45°	bacillaire peu incurvée	culture épaisse blanc grisâtre	petits flocons pas de voile	petites colonies transparentes légère liquéfaction	pas de culture	glacis humide blanc discret	enduit crémeux liquéfaction	culture abondante	pas de culture	positive au 1/100	positif	o	o
Vibron 11	2 μ sur 0,5 μ	22°	40°	45°	bacillaire peu incurvée	culture abondante blanchâtre	trouble abondant pas de voile	petites colonies transparentes pas de liquéfaction	pas de culture	glacis humide blanc discret	culture transparente légère liquéfaction	culture abondante	pas de culture	o	o	o	o
Vibron 12	2 μ sur 0,5 μ	22°	40°	45°	incurvée	culture abondante blanchâtre plus épaisse que précédente	trouble abondant pas de voile	petites colonies transparente pas de liquéfaction	pas de culture	glacis humide blanc discret	culture transparente pas de liquéfaction	culture abondante	pas de culture	o	o	o	o
Vibron 13	2 μ sur 0,5 μ	22°	40°	45°	incurvée	culture abondante moins épaisse et moins blanche	voile blanc peu épais pas de troubles dans la masse	petites colonies transparente pas de liquéfaction	culture très grêle	culture abondante jaune	culture transparente pas de liquéfaction	culture abondante	culture grêle	positive au 1/100	o	o	o
Vibron 23	1,5 μ sur 0,5 μ	22°	40°	45°	coccobacillaire	culture abondante légèrement blanchâtre	trouble abondant voile après quelques jours	petites colonies transparentes légère liquéfaction au bout de 5 jours	légère liquéfaction	culture abondante brunâtre	culture transparente pas de liquéfaction	culture abondante	pas de culture	o	o	o	o

CHAPITRE VI

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES BACTÉRIES THERMOPHILES DU SAHARA

1° Microbes des sables ■

A. — MORPHOLOGIE

Les différentes bactéries qui ont été rencontrées dans les sables appartiennent aux genres *Staphylocoque*, *Tétragène*, *Coccobacille*, *Bacillus* et *Bacterium*. Les principaux groupes microbiens y sont donc représentés.

B. — TEMPÉRATURE

Tous ces germes thermophiles se développent aux températures ordinaires, mais peuvent supporter des températures comprises entre 40° et 60°. Nous n'avons jamais trouvé de thermophiles obligatoires.

Ce sont donc des microbes parfaitement adaptés aux grands écarts de température qu'on rencontre dans le Sahara. Ils vivent comme les microbes ordinaires aux températures basses, mais ils peuvent supporter des températures beaucoup plus élevées qu'eux. Ce sont des thermophiles facultatifs.

Le groupe des *Staphylocoques*, *Tétragènes*, *Coccobacilles* a pour température de culture maxima 45°. Les formes *Bacillus* et *Bacterium* poussent jusqu'à 50° et 60°.

Le mot de thermotolérant leur conviendrait mieux que celui de thermophile facultatif. Leur température de culture optima n'est guère plus élevée que celle des microbes ordinaires puisqu'elle oscille entre 37° et 45°. Elle n'atteint pas la température de culture optima des thermophiles ordinaires qui se trouve en général vers 55°.

Ce sont des microbes qui s'accommodent des hautes températures à partir de 40°, mais qui en souffrent dans une certaine mesure.

Au-dessus de 40° et 45° et suivant les espèces, les cultures deviennent de plus en plus grêles. Leur vitalité diminue ; les cultures doivent être repiquées tous les deux jours pour pouvoir maintenir les passages à ces hautes températures alors qu'à 37°-40°, la vitalité des cultures dure beaucoup plus longtemps.

C. — COLORATION

Toutes ces bactéries se laissent colorer comme les microbes ordinaires par les couleurs d'aniline.

Toutes prennent le Gram, mais certaines sont colorées inégalement. Ce fait s'observe dans les cultures jeunes, mais s'accroît à mesure que la température à laquelle la culture est placée s'élève et à mesure que la culture vieillit. Une bactérie, qui prend le Gram incomplètement à 37°, peut ne pas le prendre du tout à 50° ou dans une vieille culture.

D. — AÉROBIOSE

Toutes les bactéries que nous avons isolées sont aérobies. Quelques-unes sont aérobies strictes, comme les bactéries 3 et 21. Toutes les autres peuvent plus ou moins se développer en anaérobiose, mais en général très difficilement.

Ensemencées en gélose glucosée, elles se développent à la surface. Elles ne poussent pas dans la profondeur. Elles donnent des cultures grêles en gélose et en gélatine par piqûre.

Tous les échantillons de sable, ensemencés en gélose glucosée,

ne nous ont jamais donné de culture de germes anaérobies. L'aérobiose paraît donc un caractère général pour les bactéries des sables du Sahara, comme l'adaptation aux températures élevées.

La prédilection de cette flore bactérienne pour l'aérobiose, l'absence des germes anaérobies s'expliquent par les conditions locales. Les sables sans cesse charriés par les vents violents, qui règnent dans le Sahara, exposent constamment les germes qu'ils contiennent à l'action de l'air.

Leur aérobiose est même si marquée que, dans les premiers passages des cultures, les tubes capuchonnés ne se prêtent pas au développement des microbes. Après un certain nombre de repiquages, les cultures finissent par se développer en tubes capuchonnés.

Enfin, l'aérobiose est d'autant plus marquée par la température de culture est plus élevée. Les bactéries ne se développent pas au-dessus de 45° quand les tubes sont capuchonnés.

En gélose inclinée, à 37°, ces microbes donnent une culture abondante, du haut en bas de la gélose. A partir de 45° et à mesure que la température de culture s'élève, le champ de développement des microbes se restreint de plus en plus à la partie supérieure du tube.

Ce fait, que nous avons constaté pour tous les microbes du Sahara, ne peut s'expliquer que par un besoin d'air de plus en plus grand.

Le lien, que nous avons mentionné entre l'aérobiose et la thermobiose dans notre premier chapitre pour les microbes thermophiles, paraît exister pour les microbes du Sahara. Comme la plupart des thermophiles facultatifs, ils sont presque tous aérobies facultatifs, mais sont avant tout aérobies. Aux hautes températures, ils sont aérobies stricts.

E. — SPORULATION

Nous n'avons rencontré d'espèces sporulées que dans les formes *Bacillus* et *Bacterium*. Toutes ces bactéries sporulées ont

une température maxima plus élevée que les autres microbes isolés. Elles poussent toutes jusqu'à 50° et 60°.

Les spores se forment entre 22° et 50°. C'est dans les cultures à 37°-40° qu'elles apparaissent en général le plus tôt et qu'elles se forment en plus grand nombre.

Les spores résistent à un chauffage de 5, 10 et 15 minutes à 100°. Elles ne résistent pas à un chauffage de 20 minutes à 100°.

Nous avons vu que SAMES avait constaté que les spores de certains thermophiles, formées aux températures basses, avaient une résistance moindre que celles formées aux températures élevées.

Nous avons voulu voir si ce fait était exact pour les bactéries du Sahara.

Nous avons constaté dans certains cas que des spores, développées à 37° et placées en tube scellé, ne résistaient pas à un chauffage de 20' et de 45' à 100°. Les mêmes spores, développées à 55° et placées en tubes scellés, ont donné une culture abondante après un chauffage de 20' à 100° et une légère culture après un chauffage de 45' à 100°. Les spores développées à haute température avaient donc acquis une résistance à la chaleur beaucoup plus grande.

Il y a dans ce fait un mécanisme d'adaptation très intéressant. A mesure que la température s'élève dans les sables, les spores formées doivent acquérir une résistance plus grande à la chaleur.

F. — RÉSISTANCE A LA CHALEUR

La sporulation et ce mécanisme d'adaptation permettent d'expliquer pour les bactéries sporulées la résistance dans les couches superficielles des sables, les plus exposées aux rayons solaires.

Pour les autres bactéries des sables non sporulées, il est permis de supposer qu'elles sont détruites en été dans les couches superficielles, mais qu'elles se conservent dans les couches profondes.

G. — RÉSISTANCE AU SEL MARIN

Toutes ces bactéries se développent avec élection dans les milieux de culture contenant une forte proportion de sel marin. En gélose salée à 30 p. 1.000, les cultures sont plus abondantes qu'en gélose ordinaire. En gélose salée à 60 p. 1.000, les cultures sont en général un peu moins abondantes qu'en gélose salée à 30 p. 1.000. Les microbes ordinaires peuvent se développer plus ou moins en gélose salée à 30 p. 1.000, mais ne poussent pas en gélose salée à 60 p. 1.000.

Toutes ces bactéries ont donc une résistance au sel marin tout à fait remarquable.

Cela n'a rien d'étonnant, étant donnée la forte proportion de sel marin contenue dans les sables.

H. — ACTIONS BIOCHIMIQUES

Les actions biochimiques exercées par les bactéries thermophiles des sables sont très peu nombreuses. Ils n'ont aucune action fermentative sur les sucres, ils n'acidifient pas et ne coagulent pas le lait, ils ne donnent pas d'indol.

Le staphylocoque n° 1, les bactéries 3, 4, 5, 21 et 24 liquéfient la gélatine. Les staphylocoques 2 et 15 la liquéfient légèrement.

Les bactéries 3 et 21 liquéfient le sérum coagulé et digèrent l'albumine d'œuf coagulée.

I. — ACTIONS PATHOGÈNES

Il n'a pas été constaté chez ces microbes d'action pathogène.

Cet ensemble de caractères fait de la flore bactérienne des sables du Sahara un groupe très homogène de bactéries, parfaitement adaptées aux conditions du milieu dans lequel elle est placée.

Il n'existe pas de pays où les oscillations thermométriques

soient aussi étendues et aussi brusques. On peut passer de températures au-dessous de zéro à des chaleurs torrides. Pendant les mois d'été, le thermomètre monte régulièrement à 48°, souvent à 50° et parfois à 52° à l'ombre à midi.

Nous trouvons une flore bactérienne vivant aux températures basses, mais pouvant se développer jusqu'à 50° et 60°.

Les sables sont sans cesse retournés et transportés par les vents violents qui soufflent dans le désert.

Nous trouvons une flore bactérienne essentiellement aérobie.

Les sables contiennent une forte proportion de sel marin.

Les bactéries du Sahara ont une résistance remarquable à ce sel.

Dans ces plaines désertiques où les cadavres se momifient souvent sans se putréfier, les phénomènes organiques sont presque complètement absents.

Nous trouvons une flore bactérienne dont les actions biochimiques sont tout à fait restreintes.

Il ne pourrait pas y avoir concordance plus grande.

2° Microbes des eaux profondes

A. — MORPHOLOGIE

Les bactéries thermophiles que nous avons isolées des eaux du Sahara appartiennent aux genres *Staphylocoque*, *Tétragène*, *Coccobacille* et *Vibrion*. Nous n'avons jamais rencontré de représentants des genres *Bacillus* ou *Bacterium*.

B. — TEMPÉRATURE

Les bactéries thermophiles des eaux poussent à 22°. Leur température de culture optima est 40° environ. Elles ne se développent pas au-dessus de 45°.

Comme pour les germes des sables, leur vitalité à haute tem-

pérature est beaucoup moins grande qu'à 37°. Ce sont donc comme eux des thermotolérants.

Nous n'avons jamais isolé des eaux des thermophiles obligatoires.

C. — COLORATION

Ces bactéries ne prennent pas toutes le Gram, comme les germes des sables ; celles qui le prennent peuvent le garder incomplètement ou pas du tout aux hautes températures.

D. — AÉROBIOSE ET ANAÉROBIOSE

Ces microbes sont tous aérobies. Ils sont à un faible degré anaérobies facultatifs, excepté le coccobacille n° 22 qui se développe très bien en anaérobiose.

Cependant, pour eux comme pour les thermophiles des sables, l'aérobiose est beaucoup plus marquée aux températures élevées.

E. — SPORULATION

Aucun des microbes que nous avons isolés des eaux n'est sporulé.

F. — RÉSISTANCE AU SEL MARIN

Tous ces germes des eaux poussent en gélose salée à 30 p. 1.000, mais ne se développent pas en gélose salée à 60 p. 1.000. Ils n'ont donc pas la même résistance que les bactéries des sables au sel marin.

G. — ACTIONS BIOCHIMIQUES

Comme pour les bactéries thermophiles des sables, les actions biochimiques des bactéries thermophiles des eaux sont très rares.

Le coccobacille n° 22 est le seul à avoir une action fermentative sur les sucres. Il fait fermenter le lactose, le maltose et le galactose. Il acidifie le lait et ne le coagule pas.

Le staphylocoque 7, le coccobacille 8, le tétragène 14, et les vibrions 9, 10 et 23 liquéfient légèrement la gélatine.

Le tétragène 14 et les vibrions 9, 10 et 11 liquéfient le sérum coagulé.

Ce sont les seules actions biochimiques que ces microbes exercent.

H. — ACTIONS PATHOGÈNES

Nous n'avons pas constaté d'actions pathogènes chez ces microbes.

En résumé, ce sont des thermophiles facultatifs ne se développant pas au-dessus de 45°, donc thermotolérants à un faible degré, aérobies facultatifs, non sporulés, exerçant peu d'actions biochimiques et n'ayant pas d'actions pathogènes.

CHAPITRE VII

QUELQUES CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES MICROBES THERMOPHILES

1^o Répartition des microbes thermophiles à la surface du globe terrestre

La répartition des microbes thermophiles à la surface de la terre a été jusqu'à présent, comme nous l'avons dit au début de ce travail, peu étudiée.

Il ressort des constatations que nous avons faites que les microbes thermophiles constituent la majeure partie de la flore bactérienne des sables du Sahara.

DE KRUYFF a observé lui-même, dans les régions équatoriales, la prédominance des bactéries thermophiles sur les microbes ordinaires, non seulement quant au nombre, mais quant à la variété des espèces.

Nous avons vu que dans la terre d'Alger et que dans la terre de France les microbes thermophiles étaient déjà en proportion beaucoup moins importante.

Dans les terres rapportées de régions polaires par le D^r CHARCOT, M^{lle} TSIKLINSKI n'a pas trouvé un seul microbe thermophile.

Il semble donc que la proportion des microbes thermophiles par rapport aux microbes ordinaires diminue de l'équateur au pôle.

On peut en conclure qu'il paraît exister une relation entre les conditions thermométriques et la répartition des microbes thermophiles à la surface du globe.

2^o Thermobiose et aérobiose

Tous les microbes thermophiles que nous avons isolés sont aérobie. Ils se développent très mal en anaérobiose ou pas du tout. Nous n'avons pas trouvé de thermophile anaérobie obligatoire.

Parmi tous les microbes thermophiles décrits jusqu'à présent, OPRESCU seul a trouvé trois espèces qui sont obligatoirement anaérobies. La grande majorité des thermophiles connus sont donc aérobie. Il semble que les deux fonctions : thermobiose et aérobiose, sont solidaires l'une de l'autre. Pour un microbe thermophile donné, il y a même des degrés dans cette relation.

Les thermophiles obligatoires sont en général aérobie obligatoires. Les thermophiles facultatifs sont aérobie facultatifs.

Les thermophiles que nous avons isolés ne font pas exception à cette règle.

Pour les thermophiles que nous avons étudiés, nous avons constaté que ces relations variaient aussi suivant la température de culture.

L'aérobiose devient de plus en plus nécessaire à mesure que la température de culture s'élève.

Un microbe thermophile qui pousse à 37° en tube capuchonné ne pousse à 45° et 50° qu'en tube non capuchonné. Enfin dans les tubes de gélose inclinée, le développement de la culture ne se fait à 45°-50° que dans la partie supérieure du tube, celle qui est la plus rapprochée de l'ouverture.

Aux hautes températures, le besoin d'air est donc beaucoup plus impérieux qu'à 37°.

Nous pouvons encore le prouver par les expériences suivantes : Ensemblons en gélose profonde les microbes 1, 3, 4 et 6. Plaçons ces cultures à 37°, 48° et 60°. Nous aurons suivant les températures les résultats suivants :

37°	48°	60°
1) Culture assez abondante dans la moitié su-	Culture très grêle dans la moitié supérieure de	Pas de culture.

37	48°	60°
périeure de la piqûre, grêle dans la moitié inférieure.	la piqûre ; pas de culture dans la moitié inférieure.	
3) Grêle dans la moitié supérieure de la piqûre seulement ; pas de culture dans la moitié inférieure.	Culture très grêle dans la moitié supérieure de la piqûre ; pas de culture dans la moitié inférieure.	Pas de culture.
4) Culture très grêle dans la moitié inférieure ; plus abondante dans la moitié supérieure.	Culture très grêle dans la moitié supérieure seulement.	Pas de culture.
6) Culture grêle dans la moitié supérieure de la piqûre.	Culture en surface, pas de culture en profondeur.	Légère culture en surface.

Dans les ensemencements par piqûre, la culture, à mesure que la température s'élève, se rapproche de la surface.

Si nous prenons deux microbes quelconques tels que le *B. coli* et le Staphylocoque, les résultats sont les mêmes.

	37°	40°	45°
<i>B. coli</i>	Culture abondante jusqu'au fond de la piqûre.	Culture abondante jusqu'au fond de la piqûre.	Légère culture à la surface seulement.
Staphylocoque.	Culture abondante jusqu'au fond de la piqûre.	Culture abondante à la surface, très grêle dans le 1/3 supérieur de la piqûre, nulle dans les 2/3 inférieurs.	Légère culture à la surface seulement.

Le besoin d'oxygène augmente donc avec la température.

Nous pouvons énoncer ces relations entre la thermobie et l'aérobiose dans les propositions suivantes, pour lesquelles on rencontre peu d'exceptions.

Les bactéries thermophiles sont aérobies.

Les thermophiles obligatoires sont aérobies obligatoires. Les thermophiles facultatives sont aérobies facultatives, aux températures au-dessous de 50°, et aérobies obligatoires aux températures au-dessus de 50° environ.

3° Thermobiose et résistance au sel marin

Toutes les bactéries thermophiles que nous avons isolées des sables du Sahara résistent à une proportion très élevée de sel marin dans les cultures : 6 o/o.

Quatre seulement, les microbes 1, 7, 15 et 16, résistent à une proportion plus élevée : 9 o/o.

Nous avons recherché si cette propriété était spéciale aux bactéries thermophiles du désert Saharien ou si elle se retrouve chez des bactéries thermophiles ayant une origine différente.

SPERLICH avait déjà montré qu'un très grand nombre de germes de l'air, de la terre et de l'eau parviennent à acquérir un développement complet dans les milieux nutritifs renfermant 3 o/o de sel de cuisine. Il a vu que ce développement s'arrête pour les doses de 6 à 10 o/o.

Nous avons isolé des germes microbiens de terres de provenances différentes et de diverses eaux de conduite.

Nous avons eu la surprise de constater que tous les microbes thermophiles isolés se développent abondamment sur la gélose renfermant 6 o/o de sel marin. Les microbes saprophytes du sol et de l'eau, qui ne se laissent cultiver qu'aux températures ordinaires, n'ont pas poussé sur une gélose contenant plus de 3 o/o de sel marin.

Seuls, les microbes pathogènes, tels que les dysentériques, le vibron cholérique, le *B. coli* et le groupe des paratyphiques B supportent 6 o/o de sel marin dans les cultures, le typhique et le paratyphique A ne supportent que 3 o/o.

Toutes les bactéries thermophiles que nous avons pu étudier paraissent donc présenter une résistance particulière au sel marin.

Il était indiqué de rechercher si le sel marin favorise les cultures à hautes températures de nos microbes. Ces essais ont d'abord été faits sur milieux solides.

a) *Expérience avec les bactéries thermophiles du Sahara, nos 1, 3, 4 et 6.*

Bactérie	37°	42°	50°
N° 1	g. ord. Culture abondante	Culture abondante	Légère culture
	g. 3 o/o Culture abondante	Culture abondante	Légère culture
	g. 6 o/o Culture abondante	Culture abondante	Légère culture
N° 3	g. ord. Culture abondante	Culture abondante	Légère culture
	g. 3 o/o Plus abondante	Plus abondante	Légère culture
	g. 6 o/o Plus abondante	Plus abondante	o
N° 4	g. ord. Culture abondante	Culture abondante	Légère culture
	g. 3 o/o Culture abondante	Moins abondante	Légère culture
	g. 6 o/o Culture légère	Légère	o
N° 6	g. ord. Culture abondante	Culture abondante	Légère culture
	g. 3 o/o Moins abondante	Moins abondante	Légère culture
	g. 6 o/o Moins abondante	Légère culture	Légère culture

b) *Expérience avec les microbes ordinaires, B. coli et staphylocoque.*

	37°	42°
<i>B. coli</i>	gél. ord. Abondante	Grêle
	g. 3 o/o Grêle	Grêle
	g. 6 o/o Grêle	Pas de culture
Staphylocoque	g. ord. Abondante	Grêle
	g. 3 o/o Grêle	Grêle
	g. 6 o/o Grêle	Grêle

Sur milieux solides, le sel marin n'a aucune influence sur la vitalité de la culture à haute température.

En milieux liquides, bouillon à concentration variable en sel marin, les résultats sont différents. Dans certains cas, nous avons constaté que les cultures étaient légèrement plus abondantes aux hautes températures dans le bouillon à 3 o/o et à 6 o/o que dans le bouillon ordinaire. Mais en milieu liquide, il est difficile

d'évaluer d'une façon précise l'abondance d'une culture. Les diamètres variables des tubes, la coalescence des éléments microbiens en flacons ou en grumeaux, sont autant de causes d'erreur possibles.

Nous avons donc éprouvé l'influence du sel marin sur la résistance à la chaleur d'une autre façon. Nous avons étudié l'action du chauffage sur les cultures d'un microbe donné dans des bouillons à concentrations différentes en sel marin.

Résultats desensemencements en bouillon ordinaire après chauffage pendant une heure à 56° des cultures de microbes en bouillon ordinaire, bouillon à 3 o/o et bouillon à 6 o/o de sel.

Microbes	Bouillon ordinaire	Bouillon 3 o/o	Bouillon 6 o/o sel
1	o	Culture retardée	Abondante
2	o	Culture retardée.	Abondante
7	Culture après 3 jours	Culture après 3 jours	Culture en 24 heures
9	o	o	o
14	Légère culture	Abondante	Légère culture
17	o	Abondante	o
23	o	Abondante	Légère culture
11	o	o	o
12	o	o	o
Staphylocoque	Culture après 2 jours	Culture après 2 jours	Culture en 24 heures
<i>B. coli</i>	Culture après 2 jours	Culture après 2 jours	Culture en 24 heures

Il semble bien d'après ces résultats que, dans la plupart des cas, un microbe résiste mieux à la chaleur dans les milieux liquides à concentration élevée en sel marin.

M. BEAUVERIE a déjà constaté, pour le vibron cholérique et d'autres microbes, que la teneur en sel marin d'un milieu de culture liquide renforçait la résistance de ces microbes à la chaleur. Quand la pression osmotique du milieu s'élève, les microbes

ont de plus en plus tendance à cultiver en surface. Ce phénomène ne dépend pas du besoin d'oxygène, car le même résultat est obtenu en culture sous couche d'huile de vaseline. Il paraît donc tenir à l'augmentation de densité du milieu.

Il semble donc bien, pour les microbes thermophiles, que les deux propriétés : résistance à la chaleur, résistance au sel marin, peuvent avoir un lien. On peut supposer que les microbes thermophiles ont trouvé une condition favorisant à la résistance à la chaleur, dans les eaux hypersalées où elles ont été entraînées à vivre. Peut-être la forte densité de ces eaux qui a contribué, suivant les constatations de BEAUVÉRIE, à les faire vivre en surface, les a-t-elle entraînées à la vie aérobie.

4° Origine des bactéries thermophiles

Il me semble que ces faits : diminution des bactéries thermophiles des régions chaudes aux régions froides de la terre, aérobiose des bactéries thermophiles d'autant plus marquée qu'elles sont plus adaptées aux températures élevées, peuvent nous donner quelques présomptions au sujet de l'origine des bactéries thermophiles.

On peut se demander en effet si le groupe des bactéries thermophiles est composé d'espèces présentant des caractères acquis par adaptation aux hautes températures ou s'il est formé par les derniers représentants des microbes les plus anciens qui ont vécu à la surface de la terre.

Il nous semble que les caractères généraux que nous avons cherché à dégager plaident en faveur de la dernière hypothèse.

Les bactéries thermophiles prédominent dans les régions les plus chaudes de la terre, celles qui par conséquent se rapprochent le plus des conditions primitives de l'écorce terrestre.

Toutes les bactéries thermophiles sont aérobies et d'autant plus aérobies qu'elles sont plus thermophiles. Si l'on considère que les bactéries strictement aérobies sont moins différenciées que les anaérobies qui peuvent se priver des éléments nutritifs de l'air et les puiser grâce à leurs ferments dans les matières orga-

niques, il est évident que la plupart des microbes thermophiles présentent un type primitif.

Il semble donc, d'après ces faits, qu'on peut considérer le groupe des microbes thermophiles comme formé d'espèces primitives. Les thermophiles obligatoires seraient les représentants du type le plus primitif. Les thermophiles facultatifs seraient les intermédiaires entre ce type primitif et les microbes ordinaires.

Quant au caractère de résistance des bactéries thermophiles au sel marin, il me semble qu'il serait téméraire d'en tirer une conclusion au point de vue de leur origine. Mais on peut émettre l'hypothèse que les bacilles ancestraux, qui ont le mieux conservé leur résistance à la chaleur, sont ceux qui ont pu vivre dans les eaux hypersalées, vestiges des mers disparues.

Nos conclusions sont les suivantes :

1° La proportion des bactéries thermophiles par rapport aux microbes ordinaires paraît aller en diminuant de l'équateur aux pôles.

2° Chez les bactéries thermophiles, les deux fonctions thermobiose et aérobiose sont étroitement solidaires.

3° Les bactéries thermophiles ont une affinité spéciale pour le sel marin.

4° La concentration du milieu en sel marin augmente la résistance des microbes à la chaleur.

5° Les bactéries thermophiles paraissent être les derniers représentants des microbes les plus primitifs.

CHAPITRE VIII

CONCLUSIONS

1° Microbes des sables

I. — Le nombre des germes microbiens par gramme contenus dans les sables du Sahara est très peu élevé.

II. — La meilleure méthode pour leur isolement est la méthode des plaques de gélatine à 22° et de gélose à 37°.

III. — Le nombre de germes thermophiles est beaucoup plus élevé que celui des non thermophiles. Dans la terre algérienne et dans les sables marins, la proportion des thermophiles par rapport aux non thermophiles est inférieure à celle qui a été trouvée dans les sables du désert.

IV. — Les bactéries thermophiles rencontrées appartiennent aux genres *Staphylocoque*, *Tétragène*, *Coccobacille*, *Bacillus*, *Bacterium* et *Streptothrix*.

V. — Tous ces microbes prennent le Gram complètement ou incomplètement.

VI. — Toutes ces bactéries poussent comme les microbes ordinaires aux températures de 22° et de 37°.

Pour le groupe *Staphylocoque*, *Tétragène*, *Coccobacille*, la température de culture optima est 37°-40°; la température de culture maxima 45°.

Pour le groupe *Bacillus* et *Bacterium*, la température de culture optima est comprise entre 40° et 45°, la température de culture maxima entre 50° et 60°.

Ce sont plutôt des thermotolérants que des thermophiles. Nous n'avons jamais rencontré de thermophiles obligatoires.

VII. — Nous n'avons observé des germes sporulés que dans les formes *Bacillus* et *Bacterium*.

Les spores résistent à un chauffage de 15' à 100°.

Les spores formées aux hautes températures paraissent avoir une résistance à la chaleur plus grande que les spores formées à des températures plus basses.

VIII. — Tous ces microbes sont des aérobies stricts ou aérobies facultatifs avec anaérobiose très limitée. La nécessité de l'aérobiose paraît augmenter avec la température.

IX. — Tous ces microbes ont une résistance très marquée au sel marin.

X. — Ils ont des actions biochimiques très restreintes.

XI. — Ils n'ont pas d'action pathogène.

XII. — Par tous ces caractères, la flore bactérienne du Sahara est parfaitement adaptée aux conditions du milieu dans lequel elle est placée.

2° Microbes des eaux profondes

I. — Le nombre de germes microbiens contenus par centimètre cube dans les eaux profondes du Sahara est peu élevé.

II. — La méthode qui nous a donné les meilleurs résultats pour leur isolement est celle des plaques de gélatine.

III. — La proportion des germes thermophiles par rapport aux non thermophiles augmente avec la température de l'eau.

IV. — Les bactéries thermophiles qui ont été rencontrées dans les eaux du Sahara appartiennent aux genres *Staphylocoque*, *Tétragène*, *Coccobacille* et *Vibrion*.

V. — Ces bactéries prennent ou ne prennent pas le Gram.

VI. — Elles poussent à 22°. Leur température de culture optima est 37-40°. Elles ne se développent pas au-dessus de 45°.

VII. — Elles sont aérobies strictes ou facultatives.

VIII. — Aucune d'elles n'est sporulée.

IX. — Elles ont une résistance au sel marin moins grande que les bactéries des sables.

X. — Elles n'exercent presque pas d'actions biochimiques.

XI. — Elles n'ont pas d'action pathogène.

3^e Considérations générales sur les thermophiles

I. — La proportion des bactéries thermophiles par rapport aux microbes ordinaires paraît aller en diminuant de l'équateur aux pôles.

II. — Les bactéries thermophiles sont presque toujours aérobies.

III. — Les thermophiles obligatoires sont aérobies obligatoires.

IV. — Les thermophiles facultatives sont aérobies facultatives.

V. — Les thermophiles facultatives que nous avons isolées sont aérobies facultatives au-dessous de 40° et aérobies obligatoires au-dessus de 40°.

VI. — Les bactéries thermophiles présentent une résistance spéciale au sel marin.

VII. — La concentration du milieu en sel marin favorise la résistance des microbes à la chaleur.

VIII. — Les bactéries thermophiles paraissent constituer un groupe formé par les derniers représentants des microbes les plus primitifs.

BIBLIOGRAPHIE

- ALMQUIST. — *Zeitschr. f. Hyg.*, t. VIII, p. 189, 1890.
- ANITSCHKOV, N.-N. — *Centralbl. f. Bakter.*, I, Orig., t. XLI.
- BARDOU. — *Etude biochimique de quelques bactériacées thermophiles et de leur rôle dans la désintégration des matières organiques des eaux d'égout*. Lille, L. Danel, 1906.
- DE BARY. — *Vorlesungen über Bakterien*. Traduction française de WASSERZUG, p. 90 et suiv.
- J. BEAUVERIE. — *C. R. Acad. Sciences*, t. CLXIII, 30 octobre 1916, p. 494, et 11 décembre 1916, p. 769.
- BENIGNETTI. — *Riv. d'Ig. e san. pubbl.*, 1905.
- BIERNACKI. — *Zeitschr. f. Biol.*, t. XXVIII, p. 49, 1891.
- DE BLAINVILLE. — *Dictionnaire des sciences naturelles*, t. XXXII, p. 141, 1824.
- BOECKHOUT, F. W. J. et DE VRIES, J.-J., OTT. — *Centr. f. Bakter.*, II, t. XII, 3/IX, 1904.
- BREFELD, O. — *Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze*, 4.
- BREWER. — *American Journal of Science and Arts*, t. V, p. 373, 1866.
- BRUNI. — *Centr. f. Bakter.*, I, t. XXXVIII, p. 177, 1905.
- BUSGEN. — *Ber. d. Deutsch. botan. Ges.*, p. 147, 1894.
- CAMBIER. — *Revue de physique et chimie*, p. 223, 1899.
- CASAGRANDE. — *Ann. d'ig. sper.*, 1901.
- CATTERINA, G. — *Centr. f. Bakter.*, II, t. XII, pp. 353-355, 14 juillet 1904.
- CERTES et GARRIGOU. — *C. R. Acad. Sciences*, t. CIII, p. 703, 1886.
- COHN. — *Abhandlung d. Schles. Gesells. f. vaterländ. Cultur*. 1862 ; — *Flora*, p. 338, 1862 ; — *Jarhesbericht d. Schles. Ges. f. Vaterländ. Cultur.*, Bot. Sect., p. 32, nov. 1874 ; pp. 115-118, 1876 ; — *Beiträge zur Biologie der Pflanzen*, I, 1875 ; — *Untersuchungen über Bakterien*, II ; — *Berichte d. deuts. botan., Ges.*, p. 66, 1893.

- CONCETTI. — *Ann. d'ig. sper.*, 1901.
- CORSINI, A. — *Lo Sperimentale*, fasc. 2, 1905.
- DALLINGER. — *Journ. of the royal micr. Soc.*, 3, pp. 1-25, 1880 ; *The Presidents Address*, même recueil, 1887.
- DAVENPORT et CASTLE. — *Arch. f. Entwick. Mech.*, t. II, p. 227, 1895.
- P. DOP et A. GAUTIÉ. — *Manuel de technique botanique, Histologie et microbiologie végétales*. Paris, de Rudeval, 1909.
- DUCLAUX. — *Etude sur le lait*.
- DUPONT, C. — *Ann. Agronom.*, t. XXVII, n° 6, p. 289, 26 juin 1902.
- EHRENBERG. — *Monatsber. d. K. p. Akad. Wiss. Berlin*, pp. 488-495, 1858.
- ESCHERICH. — *Die Darmbakterien des Sauglings*, 1886.
- FISCHER ADOLF. — *Vorlesungen über Bakterien*. Jena, 2^e édit., p. 107, 1903.
- FITZ. — *Ber. d. deuts. Chem. Gesells.* 1876-84.
- FLOURENS. — *C. R. Acad. Sciences*, t. XXII, I, p. 934.
- FORSTER. — *Centr. f. Bakter.*, t. XII, 1892.
- GAGE ST DE M. et STOUGHTON GRACE VAN E. — *A. Science*, 23, p. 216, 1906.
- GASPERINI. — *Ann. d'ig. sper.*, 1892.
- P. GEORGEVITCH. — *C. R. Soc. Biologie*, t. LXVII, 18 mars 1910 ; — *Centralbl. f. Bakter.*, t. XXVII, f. 4-9, 1^{er} juin 1910 ; — *C. R. Acad. Sc.*, t. CLIII, 30 oct. 1911, p. 839.
- GIBIER. — *C. R. Acad. Sc.*, t. XCIV, 1882.
- GILBERT. — *Zeitschr. f. Hyg.*, t. XLVII, p. 283, 1904.
- GLOBIG. — *Zeits. f. Hyg.*, t. III, pp. 294 et 332, 1888.
- GORINI, G. — *Giorn. d. reale Soc. d'ig.*, n° 1, 1895.
- L. GRIMBERT. — *Arch. Parasit.*, I, p. 191, 1898.
- GRIXONI, G. — *Giorn. med. del r. Esercito*, t. VII, 1905.
- GÜNTHER, CARL. — *Einführung in das Studium der Bakteriologie*. pp. 22-23, 1895.
- HANSGIRG. — *Physiol. und algeol. Studien*, p. 138, 1887.
- HARRISSON, F. et CONNELL, W. — *Centr. f. Bakter.*, II, t. XI, p. 637, 15 mars 1904.
- HENNEBERG, W. — *Centr. f. Bakter.*, I, *Orig.*, t. XXXVII, p. 97, 26 sept. 1904.
- HOPPE SEYLER. — *Arch. für Ges. Physiol.*, t. XI, 1875.
- KARLINSKI. — *Hygien. Rundschau*, t. V, p. 685, 1895.
- E. KAYSER. — *Microbiologie agricole*. Paris, Baillière, 1905.

- KEDZIOR. — *Arch. f. Hyg.*, t. XXVII, S. 328, 1896; *Centr. f. Bakter.*, II, t. III, p. 154.
- KERNER VON MARILAUEN. — *Pflanzenleben*, t. I, p. 517, 1888.
- ALF. KOCH et CONRAD HOFFMANN. — *Centralbl. f. Bakter.*, II, t. XXXI, n^{os} 16-22, 10 nov. 1911.
- R. KOCH. — *Zeits. f. Hygiene*, t. III, p. 294, 1888; — *Mitteil. aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt*, t. I, p. 305.
- E. DE KRUYFF. — *Centralbl. f. Bakter.*, II, t. XXVI, janvier 1910.
- LAXA OTOKAR. — *Centr. f. Bakter.*, II, t. IV, p. 362, 1898 et t. VI, 1900.
- LEGRAIN. — Notes sur la Pathologie spéciale des indigènes algériens. Maloine, éditeur.
- MACÉ. — *Traité de bactériologie*, pp. 1024-1049, 1897.
- MAC FADYEN, A. et BLAXALL, F. R. — *British med. Journ.*, t. II, p. 644, 1894; — *Journ. of Path. a. Bacter.*, t. III, n^o 1, pp. 87-89, 1896; — *Trans. of the Jenner Inst. of prev. medic.* London, 2, 1899.
- MEREJKOWSKI, S. S. — *Centr. f. Bakter.*, I, t. XI, 24 nov. 1905.
- METCHNIKOFF, E. — *Bull. de l'Institut Pasteur*, t. I, 30 avril 1903.
- MICHAELIS, G. — *Arch. f. Hygiene*, t. XXVI, p. 285, 1899.
- MIGULA, W. — *System der Bakterien*.
- MIQUEL, P. — *Bulletin de la statistique municipale de Paris*, déc. 1879; *Annuaire de Montsouris*, p. 464, 1881; *Annales de Micrographie*, t. I, pp. 4-10, 1888.
- MIYOSHI, M. — *Journ. of the Coll. of Science*. Tokyo, t. X, f. 3, pp. 139-142, et pp. 143-168, 1897.
- NÆGELI. — *Untersuchungen über niedere Pilze aus dem Pflanzenphysiolog. Institut zu München*, 1882.
- OPRESCU. — *Arch. f. Hyg.*, t. XXXIII, p. 164, 1898; — *Hygien. Rundschau*, t. VIII, p. 107, 1898.
- PASQUINI, P. — *Giorn. della r. Societa ital. d'igiene*, n^o 1, 1903.
- PFEFFER. — *Pflanzenphysiologie*, t. II, p. 432, 1881.
- PLATEAU. — *Bull. Acad. roy. Sc. Belgique*, t. XXXIV, p. 274-321.
- RABINOVITSCH, L. — *Zeits. f. Hygiene*, t. XX, p. 154, 1895.
- RADAIS et SAUVAGEAU. — *Ann. Institut Pasteur*, t. VI, p. 242, 1892.
- ROSSI-DORIA. — *Ann. d'Igiene sperimentale*, 1891.
- RUIZ CAZABO. — *Cronica medico quirurgica de la Habana*, 1894. Refer., in *Centralbl. f. Bakter.*, II, t. XVII, p. 466, 1895.

- RULLMANN. — *Chemisch-Bakteriol. Untersuchungen... mit besond. Berücksichtigung von Cladothrix odorifera*. Munich, p. 31, 1895.
- RUSSEL, H. et HASTINGS, E.-G. — *Centr. f. Bakter.*, II, t. VIII, 13 mars 1902.
- SACHS. — *Flora*, t. XXVII, pp. 5-12, 1864.
- SAMES, TH. — *Zeits. f. Hyg.*, t. XXXIII, p. 313, 1900.
- DE SAUSSURE. — *Voyage dans les Alpes*, t. I, 3, 1796.
- SCHILLINGER ADOLF. — *Hygien. Rundschau*, t. VIII, n° 12, p. 568, 1898.
- SCHLÆSING. — *Annales agronomiques*, t. XVIII, p. 5, 1892.
- SERGEANT, ED. et FOLEY, H. — Exploration scientifique dans les vallées de la Zousfana. de la Saoura et du Guir (Extrême-sud oranais, novembre 1908). *Bull. Soc. Path. Exot.*, t. III, n° 7, 13 juillet 1910.
- Exploration scientifique du Sahara constantinois oued Rir et oued Souf (avril 1912). *Bull. Soc. Path. Exot.*, t. VII, 1914.
- SEVERIN, S.-A. — *Centr. f. Bakter.*, II, t. XIII, n°s 19-20, nov. 1904.
- SKOTSCCHKO. — *Ber. d. Kaukas. mediz. Gesells.*, n° 7.
- SONNERAT. — *Journ. de Physique*, t. III, p. 256, 1774.
- SPALLANZANI. — *Opuscules de physique animale et végétale*. trad. par J. SENEBIER, 1777.
- SPERLICH. — *Centralb. f. Bakter.*, II, t. XXXIV, n°s 14-17, 20 juillet 1912.
- TEICH. — *Hygien. Rundschau*, t. VI, n° 16, p. 1094, 1896.
- TISSIER. — *Recherches sur la flore intestinale des nourrissons*, 1900.
- TRUFFAUT GEORGES. — *Mém. Soc. agricult. et arts de Versailles*, pp. 148-155, 1901.
- TSIKLINSKI, PAULINE. — *Russisches Archiv für Pathologie*, t. V, juin 1898. *Anal. im Baumgartens Jahresber.*, p. 624, 1898; — *Ann. Inst. Pasteur*, t. XIII, pp. 500 et 788, 1899, t. XVII, p. 216, 1903.
- DE TONI et TREVISAN. — *Schizomycetaceæ in SACCARDO, Sylloge fungorum*, t. VIII, 1889.
- VAN ITERSON, C. — *Centr. f. Bakter.*, II, t. XI, p. 689, 25 mars 1904.
- VAN TIEGHEM. — *Bull. de la Soc. botanique de France*, t. XXVIII, p. 35, janvier 1881.
- WARRINGTON. — *British medic. Journ.*, t. II, p. 644, 1894.
- WITTLIN, J. — *Centr. f. Bakter.*, II, p. 400.
- ZOPF, M. — *Zur Morphologie der Spaltpilze*. Leipzig, 1882.

DEUXIÈME THÈSE

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR L'ÉVOLUTION
DE LA SARCOSPORIDIE DE LA SOURIS

DEUXIÈME THÈSE

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR L'ÉVOLUTION DE LA SARCOSPORIDIE DE LA SOURIS

Depuis la découverte par MIESCHER en 1843 des Sarcosporidies dans les muscles de la souris, ces parasites ont été rencontrés chez un grand nombre de mammifères, chez les oiseaux et chez les reptiles.

KARTULIS, BARABAN et SAINT-RÉMY, DARLING, les ont même trouvés chez l'homme. Il est probable que beaucoup d'autres cas humains ont dû passer inaperçus faute d'investigations suffisantes. Il est impossible en effet chez l'homme de faire, en dehors des autopsies, une inspection du système musculaire et, sur le cadavre, il faut encore, pour ne pas risquer de négliger ces parasites, avoir l'attention attirée sur la possibilité de leur présence.

La question de l'évolution de la Sarcosporidie intéresse donc aussi la pathologie humaine.

Depuis longtemps, des recherches ont été tentées par les expérimentateurs pour réaliser la transmission de la Sarcosporidiose.

KASPAREK a essayé d'inoculer la Sarcosporidie du mouton à la souris blanche, MOULÉ a tenté d'infecter l'homme par ingestion de viande parasitée. Ces essais ont été négatifs.

Il faut arriver aux travaux de Th. SMITH pour avoir les premiers résultats expérimentaux sur la transmission de la Sarcosporidie de la souris.

Il a montré le premier, et KOCH l'a confirmé après lui, que la Sarcosporidiose de la souris se transmet par ingestion de tissu musculaire infecté.

SMITH a vu que le parasite apparaît dans les muscles 45 jours

au plus tôt après l'ingestion et qu'il atteint son développement complet vers le 75^e à 90^e jour. Il n'est pas arrivé à découvrir les formes de la Sarcosporidie dans le corps de la souris pendant le temps qui s'écoule entre l'ingestion et l'apparition du premier corps fusiforme dans les muscles de la souris.

Pour expliquer cet échec, SMITH émet trois hypothèses :

1^o Le parasite demande une longue période pour emmagasiner l'énergie suffisante pour une croissance rapide et une division multiple du noyau dans la formation des sporozoïtes.

2^o Les sporozoïtes, après l'ingestion, se développent en organismes sexués quelque part dans le corps, comme la jeune coccidie.

3^o Les sporozoïtes acquièrent leur maturité sexuelle dans l'intestin, en sortent et sont ingérés par le même hôte ou par une autre souris.

L'absence complète de tout stade dans les organes de souris infectées fait rejeter à SMITH sa deuxième hypothèse.

Les expériences entreprises en vue de vérifier la troisième n'eurent pas plus de succès.

NEGRI a montré que le cobaye et le rat blanc peuvent s'infecter légèrement par ingestion de la Sarcosporidie de la souris. Les parasites observés présentent un polymorphisme variable suivant les hôtes infestés. Cette expérience a été reproduite par DARLING.

Ce dernier auteur, en injectant dans les muscles du cobaye des sporozoïtes d'une Sarcosporidie de la sarigue, a obtenu une sarcosporidiose abortive.

Rh. ERDMANN a donné une sarcosporidiose bien développée à des souris qui avaient ingéré des sarcosporidies du mouton, au bout d'un temps qui n'est pas inférieur à 2 mois.

Telles sont les recherches expérimentales qui ont été faites sur l'évolution de la Sarcosporidiose.

Il en ressort nettement que la Sarcosporidiose se transmet par ingestion de tissu parasité entre animaux de même espèce. L'ingestion de muscle parasité d'une espèce voisine, ou l'injection dans les muscles des sporozoïtes paraissent ne donner

que des Sarcosporidioses abortives. Seule l'expérience d'ERDMANN a transmis par ingestion une sarcosporidiose bien développée d'une espèce à une autre.

Nous avons repris les expériences de Th. SMITH dans le but surtout de chercher l'évolution de la Sarcosporidie entre le stade sporozoïte ingéré par la souris et le corps fusiforme qui apparaît dans les muscles 45 à 50 jours après l'ingestion.

Nous exposerons dans ce travail les résultats de ces recherches.

CHAPITRE PREMIER

TRANSMISSION DE LA SARCOSPORIDIE DE LA SOURIS PAR INGESTION DE TISSU MUSCULAIRE INFECTÉ

MODE D'EXPÉRIMENTATION

La condition essentielle, pour faire des expériences précises est d'avoir des souris non infectées de *Sarcosporidies*.

SMITH, pour éliminer préalablement les souris infectées, faisait une incision de la peau et examinait macroscopiquement le muscle ainsi découvert.

D'après les constatations que nous avons faites, la garantie donnée par cet examen est insuffisante.

On trouve souvent des souris très peu infectées : leurs muscles contiennent de rares parasites qu'on ne voit même pas à l'autopsie et qu'on ne peut découvrir qu'à l'examen des coupes.

D'autre part, l'examen négatif d'une toute petite surface musculaire ne permet pas de conclure à la non infestation d'une souris. Certains groupes musculaires peuvent être parasités et d'autres rester indemnes.

Pour faire des expériences plus précises, il est préférable de prendre de jeunes souris allaitées par leur mère. Au moment du sevrage, la mère est sacrifiée pour voir si elle n'a pas de *sarcosporidies*, les petits sont nourris avec des aliments stériles : mie de pain trempée dans de l'eau ou du lait bouillis, blé auto-

clavé. C'est ainsi que nous avons procédé dans certaines de nos expériences, pour éviter toute cause d'erreur.

Pour infecter les souris avec les sporozoïtes, nous coupons le muscle parasité en petits morceaux et nous l'écrasons dans de l'eau physiologique. Dans nos premières expériences nous faisions avaler ce mélange par les souris, de force à la pipette. Nous avons vu plus tard qu'en mélangeant muscles, eau physiologique et pain, les souris laissées à jeun, 24 heures auparavant, mangeaient sans difficulté cette mixture. Nous avons alors employé de préférence ce dernier procédé.

INFECTION PAR INGESTION DE TISSU MUSCULAIRE PARASITÉ

Nous avons infecté par les procédés que nous venons d'indiquer un certain nombre de lots de souris. Les souris qui avaient

*Nombre de souris	4A	6A	9A	8J	3A	3A	7J	3J	7A	5J	6J	7A	6A
Avant le 45 ^e j.	O		OO		OO	OO							
45 ^e j.		O	X	X									O
50 ^e j.				X							O	X	
55 ^e j.			O							X	X		
60 ^e j.		X	X								O	O	
65 ^e j.	O			X					OOO	X	X		
70 ^e j.		X		X								X	
75 ^e j.	X									X	X		X
80 ^e j.	X			X								X	X
85 ^e j.		X										X	
Après 85 ^e j		OO	XX XX	XX O	X	X	OO XXXXX	OO X	O XXX	OO		OO	OO XX
Total des souris infectées.	2	3	6	7	1	1	5	1	3	3	4	3	4

A : adultes. — J : jeunes. — X : résultat positif. — O : résultat négatif.

mangé des muscles parasités étaient sacrifiées à des intervalles plus ou moins éloignés de la date de l'ingestion.

A l'autopsie, les morceaux des différents groupes musculaires

étaient prélevés et fixés. Ils étaient ensuite inclus en paraffine et examinés en coupes.

Les résultats que nous avons obtenus sont consignés dans le tableau ci-joint. Les souris jeunes sont celles qui ont été prises à leur mère et nourries avec des aliments stériles. Elles étaient infectées avant d'avoir atteint l'état adulte. Les autres souris étaient simplement examinées par incision de la peau avant d'être mises en expérience.

Il ressort de ces résultats que les souris s'infectent bien, comme l'ont vu SMITH et KOCH, par ingestion de tissu parasité.

INFLUENCE DE L'ÂGE

Les souris jeunes sont plus sensibles à l'infection que les adultes. Nous avons 60 o/o de cas positifs pour les jeunes et seulement 51 o/o pour les adultes.

DATE D'APPARITION DES PARASITES APRÈS L'INGESTION

Comme SMITH l'a constaté, les premiers stades du parasite n'apparaissent pas dans les muscles pendant les 45 premiers jours après l'ingestion.

Chez deux souris sacrifiées le 45^e jour, nous avons vu, dans les coupes des muscles, le premier stade parasitaire. C'est un petit corps fusiforme formé d'un protoplasma grenu contenant de petits corps nucléaires disséminés dans sa masse.

A partir du 45^e jour, en sacrifiant les souris infectées à des intervalles de plus en plus éloignés de la date d'ingestion, on trouve des parasites à tous les stades de développement, corps fusiformes, stade sporoblaste, stade sporozoïte.

Dans les muscles d'une même souris, on trouve quelquefois presque toute la gamme de développement. Il semblerait donc que les parasites ont envahi les muscles non pas en même temps, mais à des intervalles plus ou moins éloignés les uns des autres.

Une autre constatation appuierait cette hypothèse. Dans un lot de souris infectées en même temps, les premiers parasites intra-

musculaires ne sont jamais constatés avant le 45^e jour. Mais on peut trouver, chez certaines de ces souris, les premiers stades du parasite à une époque beaucoup plus éloignée de la date de l'infection, par exemple 2 ou 3 mois après.

Il semblerait donc qu'il y a, dans un lot déterminé de souris, infectées en même temps, une cause permanente d'infection.

Il y a donc une période de 45 jours au moins, après l'ingestion, pendant laquelle le parasite n'apparaît pas dans les muscles. Pendant cette période, nous avons sacrifié un nombre considérable de souris et nous avons examiné tous leurs organes sans pouvoir rencontrer un stade du parasite.

Nous avons constaté dans un très grand nombre de cas la coexistence, chez les mêmes souris, des sarcosporidies et de la coccidie du rein, *Klossiella muris*, étudiée par TH. SMITH. Nous nous sommes demandé si cette coccidie ne serait pas un stade de l'évolution de la sarcosporidie. Pour nous en rendre compte, nous avons procédé à deux reprises à l'expérience suivante :

Cinq jeunes souris, sevrées depuis 8 jours, élevées au lait et pain stérilisés, mangent des reins de souris infectées de coccidiose.

Ces souris sacrifiées trois mois après l'ingestion n'ont jamais présenté de sarcosporidies dans leurs muscles.

Dans la première expérience, deux souris, dans la deuxième expérience, une souris ont eu leurs reins envahis par les coccidies.

Il ne paraît donc pas y avoir de relation entre la coccidiose et la sarcosporidiose de la souris, malgré la fréquence de leur coexistence chez le même animal.

DURÉE DE L'ÉVOLUTION INTRAMUSCULAIRE

A partir du moment où le premier stade fait son apparition dans le muscle, la sarcosporidie met environ 40 à 45 jours à y poursuivre son évolution complète. Depuis l'époque de l'ingestion du muscle, il faut donc au minimum 90 jours pour que le

parasite, partant du stade sporozoïte, parcourt son cycle évolutif et revient à ce stade.

Les sporozoïtes sont mûrs. Ingérés dans le muscle parasité par une autre souris, ils pourront lui communiquer la maladie.

INFLUENCE DE L'ÂGE DU PARASITE SUR LE SUCCÈS
DE LA TRANSMISSION PAR INGESTION

Si on fait ingérer à de jeunes souris des sarcosporidies qui viennent de terminer leur évolution, c'est-à-dire âgées de 90 jours environ, nous avons vu qu'on avait une forte proportion de souris infectées, 60 o/o environ.

Plus on s'éloigne de cette date, plus le nombre des cas positifs diminue.

Avec des muscles de souris infectées depuis plus d'un an, nous n'avons jamais réussi à transmettre la sarcosporidiose à d'autres souris.

Les sarcosporidies ont donc leur maximum de pouvoir infectant au 90^e jour environ de leur évolution. Ces résultats sont en accord avec ce que nous savons des transformations des formes parasitaires. Dans les vieux sacs de sarcosporidies, les sporozoïtes dégénèrent. Au centre du sac, on trouve des espaces vides contenant des débris de sporozoïtes. On comprend très bien qu'ils aient perdu à cette période leur pouvoir infectant.

Si les expérimentateurs ont rencontré avant TH. SMITH de nombreux échecs dans les essais de transmission de la sarcosporidie par ingestion, c'est qu'ils se servaient probablement de sarcosporidies âgées qui avaient perdu leur pouvoir infectant.

Pour se mettre dans les meilleures conditions de succès, il faut donc faire ingérer des sarcosporidies à la fin de leur évolution à de jeunes souris.

INFLUENCE DE LA COHABITATION SUR LE NOMBRE
DES SOURIS INFECTÉES

Expérience I. — Onze souris sont infectées avec du tissu musculaire parasité.

6 d'entre elles sont isolées chacune dans un bocal séparé.

5 sont réunies dans un même bocal.

Au bout de 3 mois, toutes ces souris sont sacrifiées.

Sur les 6 isolées, aucune n'est infectée.

Sur les 5 réunies, 2 sont infectées.

Expérience II. — 15 souris sont infectées avec du tissu musculaire parasité.

8 d'entre elles sont isolées chacune dans un bocal séparé

7 sont réunies dans même bocal.

Au bout de 3 mois, toutes les souris sont sacrifiées.

Sur les 8 isolées, une seule est infectée.

Sur les 7 réunies, trois sont infectées.

L'isolement des souris diminue donc nettement le nombre des infections.

RÉPARTITION DES PARASITES DANS LES GROUPES MUSCULAIRES

Nous avons constaté que, chez la souris, lorsque l'infection est sévère, tous les muscles pouvaient être envahis par les sarcosporidies. Nous avons retrouvé le parasite dans les muscles de la langue, de l'œsophage, du larynx, dans les muscles peauciers. Nous ne les avons jamais observés dans les muscles du cœur.

Quand les parasites sont rares, nous avons constaté que c'est surtout dans les muscles abdominaux qu'ils sont le plus abondants.

Dans ce cas-là, ils peuvent passer inaperçus à un simple examen macroscopique. Leur présence peut n'être constatée que dans les coupes.

Nous avons toujours observé que, dans l'infection expérimentale, au 45^e jour après l'ingestion, les premiers parasites faisaient leur apparition en premier lieu dans les muscles abdominaux.

Est-ce le signe qu'il y a passage direct des parasites de l'intestin dans le système musculaire abdominal, sans généralisation sanguine ? Cette constatation permettrait de le supposer.

Ce mode d'envahissement pourrait coexister comme pour les trichines avec la propagation par le système circulatoire.

CONSERVATION DES SPOROZOÏTES DANS L'EAU

Nous avons voulu éprouver la résistance des sporozoïtes dans le milieu extérieur, hors du sac qui les préserve de la dessiccation et des contaminations. Le muscle infecté était haché finement : les sacs sont ainsi ouverts. En les agitant dans de l'eau, les sporozoïtes sont libérés. Nous avons voulu voir combien de temps ils conservaient dans cette eau leur pouvoir infectant.

Expérience I. — 5 souris sont infectées avec des sporozoïtes qui ont séjourné deux jours, à la température extérieure, dans de l'eau physiologique.

Témoins : 7 souris sont infectées avec le même muscle.

Résultats après 3 mois : Pour les témoins, 3 souris infectées. Pour les 5 souris en expérience, aucune n'est infectée.

Expérience II. — 5 jeunes souris sont infectées avec des sporozoïtes de même provenance que ceux de l'expérience précédente, mais conservés pendant deux jours dans de l'eau de conduite — mêmes témoins que dans l'expérience précédente.

Résultats après 3 mois : 2 souris infectées.

Expérience III. — 5 souris sont infectées avec des sporozoïtes conservés 4 jours dans de l'eau physiologique à la température extérieure, et 5 autres souris avec des sporozoïtes conservés 4 jours dans de l'eau de conduite.

Témoins : 5 souris sont infectées avec le même muscle.

Résultats. Sur les 10 souris, aucune n'est infectée.

Sur les 5 témoins, 4 sont infectées.

Les sporozoïtes ont donc une très faible résistance dans le milieu extérieur. Dans une de nos expériences, ils ont encore infecté des souris après une conservation de 2 jours dans l'eau ordinaire. Après un séjour de 4 jours dans l'eau, ils paraissent avoir perdu tout pouvoir infectant.

INOCULATION DES SPOROZOÏTES SOUS LA PEAU ET DANS LE PÉRITOINE

Nous avons cherché à réaliser l'infection des souris autrement que par ingestion.

Nous avons inoculé 15 souris, dans le péritoine et sous la peau, avec des sporozoïtes placés en eau physiologique ou en eau stérile.

Toutes ces inoculations sont restées négatives.

Il ressort de ces constatations les données suivantes :

1° Durée de 45 jours avant la constatation des premiers stades intramusculaires du parasite, et apparition beaucoup plus tardive de ces mêmes stades chez des souris infectées en même temps.

2° Coexistence chez une même souris de parasites à des stades très différents de leur développement.

3° Diminution du nombre d'infections chez les souris isolées après l'ingestion des muscles parasités.

Ces premiers résultats nous ont orienté vers la recherche d'un stade intestinal résistant qui serait répandu par les excréments dans le milieu extérieur.

Son existence expliquerait la longue incubation du stade intramusculaire, la possibilité pour les souris d'un même lot de s'injecter à des moments différents bien qu'elles aient ingéré les sporozoïtes en même temps, et la chance plus grande d'infection pour les souris réunies que pour les souris isolées.

CHAPITRE II

TRANSMISSION DE LA SARCOSPORIDIE DE LA SOURIS PAR INGESTION D'EXCRÉMENTS DE SOURIS INFECTÉES

LES EXCRÉMENTS DE SOURIS QUI ONT INGÉRÉ DU TISSU PARASITÉ
TRANSMETTENT LA SARCOSPORIDIOSE PAR INGESTION A DES SOURIS
SAINES.

Expérience I. — 6 jeunes souris, sevrées depuis 15 jours, sont nourries depuis leur sevrage avec des aliments stérilisés.

On souille régulièrement, pendant 1 mois, leurs aliments avec les excréments d'un lot de 6 souris, qui ont mangé du tissu musculaire parasité. Les crottes sont écrasées dans de l'eau stérile et mélangées à du pain. Le prélèvement des crottes n'est commencé que 8 jours après l'ingestion du muscle.

Au bout de 3 mois, les souris sont sacrifiées.

4 souris sur 6 sont très infectées.

5 souris témoins conservées et nourries dans les mêmes conditions n'ont aucune sarcosporidie dans leurs muscles.

Expérience II. — 7 jeunes souris, nourries depuis leur sevrage avec des aliments stérilisés, ingèrent le contenu intestinal de deux souris qui ont mangé du muscle sarcosporidié et qui ont été sacrifiées 18 jours après l'ingestion.

Après 3 mois, toutes les souris sont sacrifiées.

4 souris sont très infectées.

Mêmes témoins que dans l'expérience précédente.

Expérience de contrôle. — 10 jeunes souris ingèrent de la même

façon des crottes de souris exemptes de sarcosporidies. Sacrifiées au bout de 3 mois, aucune n'est infectée.

Les excréments de souris, qui ont mangé des sarcosporidies, peuvent donc donner par ingestion la sarcosporidiose à des souris saines.

PÉRIODE PENDANT LAQUELLE LES EXCRÉMENTS SONT INFECTANTS

Après avoir constaté la présence d'un stade intestinal chez les souris infectées avec du muscle parasité, il s'agissait de voir quand il faisait son apparition dans l'intestin et combien de temps il y persistait.

Pour ne pas multiplier les expériences, nous nous sommes servi en général, pour contaminer nos animaux, des excréments d'un lot de souris infectées en même temps. Nous évitions ainsi les insuccès qu'aurait pu entraîner l'emploi des excréments d'une souris unique.

Le lot de souris, dont les excréments avaient servi à de nouvelles infections, était sacrifié au bout de 3 mois pour reconnaître si un certain nombre d'entre elles s'étaient infectées par ingestion de muscle.

Expérience I. — 6 jeunes souris sont infectées avec des excréments prélevés chez des souris ayant ingéré du muscle parasité, du 1^{er} au 15^e jour après l'ingestion.

Sacrifiées au bout de 3 mois, ces souris ne sont pas infectées.

Expérience II. — 5 jeunes souris sont infectées avec des excréments prélevés chez des souris ayant ingéré du muscle sarcosporidié du 15^e au 22^e jour après l'ingestion.

Sacrifiées au bout de 3 mois, 1 souris est infectée.

Expérience III. — 4 jeunes souris sont infectées avec des excréments prélevés chez des souris ayant ingéré du muscle sarcosporidié, du 25^e au 30^e jour après l'ingestion.

Sacrifiées au bout de 3 mois, 3 sont très fortement infectées.

Expérience IV. — 6 jeunes souris sont infectées avec des excréments prélevés chez des souris ayant ingéré du muscle parasité, du 20^e au 30^e jour après l'ingestion.

Sacrifiées au bout de 3 mois, 2 sont très infectées.

Expérience V. — 6 jeunes souris sont infectées avec des excréments prélevés chez des souris ayant ingéré du muscle parasité, du 21^e au 40^e jour après l'ingestion.

Sacrifiées au bout de 3 mois, 4 souris sont très infectées.

Expérience VI. — 7 souris sont infectées avec des excréments prélevés chez des souris ayant ingéré du muscle parasité, du 40^e au 50^e jour après l'ingestion.

Sacrifiées au bout de 3 mois, 3 sont reconnues infectées.

Expérience VII. — 8 souris sont infectées avec des excréments prélevés chez des souris ayant ingéré du muscle parasité, du 50^e au 75^e jour après l'ingestion.

Sacrifiées au bout de 3 mois, 1 est reconnue infectée très légèrement.

Expérience VIII. — 8 souris sont infectées avec des excréments prélevés chez des souris ayant ingéré du muscle parasité, du 75^e au 100^e jour après l'ingestion.

Sacrifiées au bout de 3 mois, aucune n'est infectée.

Nombre de souris en expérience	6	7	5	6	4	6	6	7	8	8
1 à 15 ^e j	X									
15 à 22 ^e j		X	X	X						
22 à 30 ^e j				X	X	X	X			
30 à 40 ^e j							X			
40 à 50 ^e j								X		
50 à 75 ^e j									X	
75 à 100 ^e j										X
Nombre de souris infectées	0	4	2 4	3	2	4	3	1	0	

En ne prenant que les souris infectées avec les excréments recueillis du 15^e au 50^e jour après l'ingestion, cela fait une proportion de 51,2 p. 100 de souris infectées. Les lots de souris, qu'ils soient infectés par ingestion de tissu musculaire ou par ingestion d'excréments, donnent donc des cas positifs en proportion à peu près identiques.

Dans toutes ces expériences, des lots de souris témoins ont toujours été conservés et sacrifiés en même temps que les souris en expérience; elles n'ont jamais été trouvées infectées.

De ces expériences, nous pouvons conclure que le stade intestinal apparaît dans les excréments 15 jours après l'ingestion des

sarcosporidies intramusculaires. Les excréments ont leur maximum de pouvoir infectant du 20^e au 50^e jour.

Du 50^e au 75^e jour, les excréments présentent un très faible pouvoir infectant.

A partir du 75^e jour, les excréments ont perdu tout pouvoir infectant.

Dans les expériences suivantes, nous avons essayé de préciser les caractères du stade intestinal dont nous avons démontré l'existence.

RÉSISTANCE A LA DESSICCATION DU STADE INTESTINAL
DANS LES EXCRÉMENTS

Expérience I. — Les excréments d'un lot de souris infectées avec des muscles parasités sont conservés pendant 1 mois dans un bocal ouvert à la température extérieure. On fait ensuite ingérer ces excréments à un lot de 6 souris.

Sacrifiées au bout de 3 mois, 3 souris sont infectées.

Expérience II. — Les excréments du même lot de souris sont conservés pendant 3 mois dans un bocal ouvert à la température extérieure. On fait ensuite ingérer ces excréments à un lot de 6 jeunes souris.

Sacrifiées au bout de 3 mois, aucune n'est infectée.

Le stade intestinal de la sarcosporidie conserve donc son pouvoir infectant dans les excréments pendant 1 mois dans le milieu extérieur, après leur émission.

RÉSISTANCE A LA CHALEUR DU STADE INTESTINAL
DANS LES EXCRÉMENTS

Expérience I. — 8 souris sont infectées avec des excréments chauffés à 60° pendant 30 minutes.

5 souris sont infectées avec les mêmes excréments non chauffés. Sacrifiées au bout de 3 mois, les souris qui ont ingéré les excréments chauffés ont 3 cas d'infection légère.

Sur les 5 souris témoins, 3 sont infectées.

Expérience II. — 9 souris sont infectées avec des excréments chauffés à 65° pendant 15 minutes.

Sacrifiées au bout de 3 mois, une seule est infectée ; mêmes témoins que dans expérience I.

Expérience III. — 9 souris sont infectées avec des excréments chauffés 15 minutes à 85°-90°.

Sacrifiées au bout de 3 mois, aucune n'est infectée ; mêmes témoins que dans expérience I.

Le stade intestinal de la sarcosporidie résiste donc à un chauffage de 60° pendant 30 minutes. Il résiste mal à un chauffage de 15 minutes à 65°. Il est détruit par un chauffage à 85°-90°.

Il semble donc, d'après ces deux propriétés : résistance à la dessiccation, résistance à la chaleur, qu'il doit être émis dans le milieu extérieur sous une forme de résistance probablement kystique.

La démonstration expérimentale du stade kystique éclaire les points obscurs sur lesquels nous avons attiré l'attention dans le chapitre précédent. L'existence du stade intestinal résistant explique pourquoi des souris, qui ont ingéré en même temps des muscles parasités, peuvent présenter un début d'infection intramusculaire à des moments très différents. Les unes ont été infectées directement par les formes de multiplication du zygote après évolution sexuée des sporozoïtes dans leur intestin, tandis que les autres sont contaminées plus tard par l'ingestion des kystes évacués avec leurs excréments par les premières souris infectées.

On comprend aussi, avec l'existence du stade intestinal résistant, pourquoi des souris réunies dans un même bocal s'infectent dans une proportion plus élevée que si elles sont séparées dans des bocaux différents.

IDENTIFICATION DU STADE INTESTINAL

En possession de ces données, nous avons cherché à identifier le stade intestinal dont nous avons démontré expérimentalement l'existence. Nous avons surtout examiné des intestins dont le contenu avait donné la sarcosporidiose par ingestion à d'autres

souris. La souris, qui avait ingéré du muscle parasité, était sacrifiée un nombre de jours variable après l'expérience d'ingestion. Des fragments des différentes parties de son tube digestif étaient fixés et inclus en paraffine. Le reste de son intestin servait à contaminer un lot de souris. Si au bout de 90 jours, ces dernières souris présentaient des cas de sarcosporidiose, on pouvait en conclure que l'intestin qui avait servi à les infecter contenait le stade intestinal. Des coupes étaient donc faites dans les fragments prélevés pour les colorer et les examiner.

Ces recherches ne nous ont pas permis d'arriver au résultat espéré.

Nous nous rendons compte aujourd'hui que nos résultats auraient été probablement différents si nos recherches avaient porté, non sur des intestins prélevés trop longtemps après le moment de l'infection, mais dans les tout premiers jours qui la suivent. C'est en effet dans cette première période que deux auteurs, Rh. ERDMANN et H. CRAWLEY, ont pu décrire des stades intestinaux différents de la Sarcosporidie de la Souris. L'un et l'autre n'avaient pas eu connaissance de notre publication et ne la mentionnent pas dans leurs premiers mémoires.

Rh. ERDMANN a infecté de jeunes souris nourries avec du lait auquel on ajoutait des sarcosporidies. Ces précautions paraissent avoir éloigné les causes de contamination étrangère. Dans ces conditions, cet auteur a constaté dans les cellules intestinales la présence de petits corps d'apparence amiboïde, paraissant se multiplier par schizogonie. Elle les rapporte avec réserves à *Sarcocystis muris*.

H. CRAWLEY décrit la différenciation des sporozoïtes dans l'intestin de la souris en éléments mâles et femelles. Leur évolution s'achève de la 9^e à la 18^e heure après l'ingestion. A ce moment-là, se produit la fécondation de l'élément femelle par les microgamètes.

Le macrogamète fécondé ou zygote peut être trouvé, dans les cellules épithéliales de l'intestin ou dans les tissus sous-épithéliaux, dans la 1^{re} ou la 2^e journée après l'ingestion du sporozoïte. Il a été impossible à CRAWLEY de trouver d'autres stades intesti-

naux du parasite chez des souris tuées au cours d'un plus long intervalle de temps après le repas infectant.

Ces derniers résultats concordent bien avec nos insuccès.

Il semble donc que H. CRAWLEY a décrit les premières phases de l'évolution sexuée du sporozoïte dans l'intestin, aboutissant à la formation d'un zygote dont Rh. ERDMANN a peut-être vu les premières formes de division. Toutefois le lien réunissant les formes découvertes par ces deux auteurs n'est pas encore démontré.

Dans un travail plus récent, H. CRAWLEY, qui a eu connaissance de la note publiée sur nos recherches expérimentales, confirme les résultats de nos expériences.

En résumé, nos recherches, confirmées récemment par celles de H. CRAWLEY, établissent expérimentalement, chez les souris ayant ingéré des sporozoïtes, la présence d'un stade intestinal résistant de nature kystique. Il apparaît dans l'intestin 15 à 20 jours après l'ingestion du muscle parasité et disparaît 75 jours après.

CHAPITRE III

CYCLE ÉVOLUTIF DE LA SARCOSPORIDIE DE LA SOURIS

D'après nos résultats et ceux de CRAWLEY, l'évolution de la Sarcosporidie de la Souris se poursuivrait de la façon suivante :

Le sporozoïte ingéré par la Souris évoluerait dans l'intestin en éléments mâles et femelles qui pénètrent dès la première heure dans les cellules épithéliales.

Au bout de 9 à 18 heures, le micro- et le macrogamétocytes sont mûrs. Le macrogamète fécondé ou zygote se trouve dans les cellules épithéliales ou dans les tissus sous-épithéliaux le 1^{er} et le 2^e jour après l'ingestion.

Rh. ERDMANN a peut-être vu les formes de division de ce zygote.

A partir du 15^e-20^e jour, nos recherches expérimentales établissent la présence dans l'intestin d'un stade résistant.

Mais à ce moment-là, nous n'avons pas réussi à l'identifier. CRAWLEY n'y est pas arrivé non plus.

Le premier stade intramusculaire n'apparaît pas dans les muscles avant le 45^e jour après l'ingestion (Th. SMITH, confirmé par KOCH, NÈGRE, NEGRI, CRAWLEY).

Il y a donc une période de 25 à 30 jours pendant laquelle les formes de division du zygote, qui apparaît dans les excréments au 15^e-20^e jour, évoluent d'une façon inconnue dans l'organisme de la souris avant de donner les premiers stades intramusculaires.

Du 15^e au 20^e jour jusqu'au 75^e jour après l'ingestion, le stade résistant intestinal séjourne dans l'intestin et est éliminé avec les excréments dans le milieu extérieur, pouvant infecter d'autres individus.

L'évolution sexuée chez la souris paraît donc aboutir à une autoinfestation et à une propagation extérieure du parasite par les éléments provenant du zygote.

L'évolution totale de la Sarcosporidie de la souris peut donc être divisée, comme l'a montré CRAWLEY, en trois périodes.

1^{re} période. — Cycle sexué du parasite dans l'épithélium intestinal. Il aboutit au bout de 15-20 jours à l'apparition d'un stade intestinal résistant, probablement de nature kystique, qui n'a pas pu être identifié.

2^e période. — D'une durée de 25 jours. Evolution des formes de division du zygote dans un point inconnu de l'organisme. C'est jusqu'à la fin de cette période que les excréments conservent leur plus grand pouvoir infectant (20^e à 50^e jour après l'ingestion).

3^e période. — Qui commence au 45^e jour à l'apparition des premiers stades intramusculaires et qui aboutit à la maturation des sporozoïtes. Elle dure 45 jours et elle correspond à l'évolution du parasite dans les muscles.

Les deux premières périodes d'une durée totale de 45 jours correspondraient au cycle sexué et à la formation des spores. La troisième période d'une durée de 45 jours correspondrait au cycle asexué. Les anciens sporozoïtes deviendraient donc les mérozoïtes.

CRAWLEY émet l'hypothèse que le cycle sexué de la Sarcosporidie se déroule surtout dans l'intestin du carnivore, qui se contamine par l'ingestion du muscle d'herbivore hébergeant le parasite.

Les mérozoïtes, mis en liberté dans l'intestin, y donnent le cycle sexué du parasite, aboutissant à la forme kystique. Les kystes, évacués à l'extérieur avec les excréments, sont ingérés avec leurs aliments par les herbivores chez lesquels se développe le cycle intramusculaire asexué.

CRAWLEY fait remarquer en effet que les muscles des herbivores sont presque toujours envahis par les sarcosporidies alors qu'on les trouve très rarement chez les carnivores.

La souris étant omnivore pourrait héberger le cycle sexué et le cycle asexué. A cet appui, CRAWLEY invoque les résultats de nos expériences établissant expérimentalement l'existence du stade intestinal résistant de la souris. Il oublie d'invoquer aussi les résultats de Rh. ERDMANN qui a montré l'apparition d'une sarcosporidiose bien développée chez les souris ayant ingéré des sarcosporidies de moutons.

L'hypothèse de CRAWLEY nous paraît tracer la voie dans laquelle les expérimentateurs doivent s'engager. Pour notre part, nous avons déjà cherché à prouver expérimentalement que les herbivores et en particulier les moutons sont infectés par un stade kystique. Ne pouvant pas les chercher dans les aliments variés qu'ils ingèrent, nous avons essayé d'établir sa présence dans leurs excréments.

Des agneaux, nourris à la mamelle, sont isolés de leurs mères peu de jours après la naissance. Ils sont placés dans un box d'une propreté aussi rigoureuse que possible et alimentés ensuite, pour compléter le nourrissage naturel, avec du son stérilisé à l'autoclave. On leur fait ingérer à plusieurs reprises des excréments de moutons. Un lot d'agneaux placés dans des conditions identiques est conservé comme témoin.

Dans une première expérience où nous avons malheureusement perdu 4 agneaux sur 8, les trois qui avaient avalé une grande quantité d'excréments présentaient dans tous leurs muscles une grande quantité de sarcosporidies, 5 à 6 par champ microscopique. Chez l'unique agneau témoin, nous n'avons trouvé, dans tout le système musculaire examiné microscopiquement, que deux parasites.

Il est évident que les précautions prises ne suffisent pas à écarter toute source de contamination. On ne pourra tirer une conclusion de cette expérience qu'après l'avoir répétée sur un plus grand nombre d'animaux et si chaque fois une aussi grande

différence dans le nombre des parasites est constatée chez les infectés et chez les témoins.

Dans une seconde expérience entreprise sur 8 agneaux, 4 infectés et 4 témoins, nous n'avons pas réussi à transmettre la sarcosporidiose à ces animaux par ingestion de crottes de moutons. Cet échec peut s'expliquer par la façon différente dont nous avons procédé. Dans la première expérience, les crottes infectantes avaient été prélevées dans un parc à moutons, maintenus en stabulation depuis plusieurs mois pour la préparation du sérum anticlaveux. Il y avait probablement là une condition favorable à la propagation des sarcosporidies. Dans la seconde expérience, n'ayant plus ces derniers moutons à notre disposition, nous avons fait les prélèvements de crottes dans les cours de l'abattoir où les troupeaux ne font que passer.

Nous ne pouvons donc tirer aucune conclusion de cette deuxième expérience. Mais elle renforce la valeur des résultats de la première expérience où nous n'avions pu conserver qu'un témoin. Elle montre que, dans les conditions où nous nous sommes placé et avec les précautions que nous avons prises, les agneaux restent indemnes de sarcosporidies. Les trois agneaux qui, dans cette première expérience, présentaient un haut degré d'infection par les sarcosporidies, semblent donc bien avoir été infectés par l'ingestion des crottes des moutons.

La démonstration expérimentale du stade résistant évacué par les excréments a, en tout cas, dès maintenant, la grande importance d'expliquer la cause permanente de l'infection dans le milieu extérieur et nous met sur la voie de nouvelles recherches qui permettront d'éclaircir le cycle évolutif de la sarcosporidie.

*
* *

Nous tenons, à la fin de ce travail, à exprimer à notre maître, M. le Professeur BORREL, l'assurance de notre profonde reconnaissance. Ces recherches ont été poursuivies dans son laboratoire sous sa direction. Nous n'oublierons jamais tout ce que

nous lui devons. Nous prions M. le Professeur MESNIL de recevoir l'expression de toute notre gratitude pour la bienveillante sympathie avec laquelle il a toujours suivi nos études et nous a guidé de ses précieux conseils. Nous remercions aussi M. le Docteur Ed. SERGENT pour les moyens qu'il veut bien mettre à notre disposition dans nos recherches sur les moutons et pour l'intérêt avec lequel il les encourage.

CONCLUSIONS

1° Les souris prennent la sarcosporidie par ingestion de muscle parasité.

2° Les jeunes souris s'infectent plus facilement que les souris adultes : 60 o/o au lieu de 51 o/o.

3° Les parasites n'apparaissent dans les muscles que 45 jours au plus tôt après l'ingestion. Cette apparition peut être plus tardive.

4° L'évolution intramusculaire de la sarcosporidie se fait en 45 jours environ à partir de son apparition dans les muscles.

5° La durée totale de l'évolution de la sarcosporidie est de 90 jours.

6° Dans les muscles d'une même souris, on trouve des parasites à des stades différents de leur évolution.

7° Dans un lot de souris infectées en même temps, si les premiers stades du parasite n'apparaissent jamais avant 45 jours, ils peuvent chez certaines souris faire leur apparition beaucoup plus tard.

8° L'isolement des souris après l'ingestion de sarcosporidies diminue le nombre des infections.

9° Les premiers parasites font leur apparition dans les muscles abdominaux.

10° Les sarcosporidies présentent leur maximum de pouvoir infectant à la fin de leur évolution musculaire, c'est-à-dire 45 jours après leur apparition dans les muscles.

11° Elles perdent très rapidement en vieillissant leur pouvoir infectant.

12° Les sporozoïtes sont peu résistants dans le milieu extérieur.

Ils n'ont conservé leur pouvoir infectant dans l'eau, à la température extérieure, que pendant deux jours.

13° Tous les essais d'infection de souris par inoculation de sporozoïtes sous la peau ou dans le péritoine sont restés négatifs.

14° Les excréments de souris qui ont ingéré du tissu parasité transmettent la sarcosporidiose par ingestion à des souris saines.

15° Les excréments ne deviennent infectants que 15 jours après l'ingestion de sarcosporidies.

16° Les excréments présentent leur pouvoir infectant maximum du 15^e au 50^e jour.

Du 50^e au 75^e jour, les excréments possèdent un très faible pouvoir infectant.

Après le 75^e jour, ils ont perdu tout pouvoir infectant.

17° Les excréments, gardés pendant 1 mois à sec à l'air et à la température extérieure, conservent leurpou voir infectant. Ils le perdent au bout de trois mois.

18° Les excréments chauffés pendant 30 minutes à 60° conservent leur pouvoir infectant; chauffés pendant 15 minutes à 65°, ils perdent en partie leur pouvoir infectant; chauffés pendant 15 minutes à 85°-90°, ils perdent leur pouvoir infectant.

19° Le stade intestinal, pouvant résister à la dessiccation et à la chaleur, paraît être de nature kystique.

BIBLIOGRAPHIE

1. H. CRAWLEY. — The evolution of *Sarcocystis muris* in the intestinal cells of the Mouse. *Proc. Acad. of nat. Sc. of Philadelphia*, mai 1914.
 — The sexual evolution of *Sarcocystis muris*. *Proc. Acad. of nat. Sc. of Philadelphie*, janvier 1916.
 — The zoological position of the Sarcosporidia. *Proc. Acad. of nat. Sc. of Philadelphia*, juin 1916.
2. DARLING. — Sarcosporidiosis of the opossum. *Bull. de la Société de Pathologie exot.*, III, p. 513, 1910.
 — Sarcosporidiosis with report of a case in man. *Archiv of intern. Med. (Chicago)*, avril 1909.
 — Experimental Sarcosporidiosis in the Guinea pig and its relations to a case of sarcosporidiosis in man. *Journ. of exper. Med.*, t. XII, f. 1, 1910, pp. 19-28.
3. RH. ERDMANN. — Beiträge zur Morphologie und Entwicklungsgeschichte des Hammelssarkosporids in der Maus. *Centralb. f. Bakt. I. Orig.*, t. LIII, 19 fév. 1910, pp. 510-516.
 — Die Entwicklung des *Sarcocystis muris* in der Muskulatur. *Sitz. ber. der Ges. Naturforsch. Freunde*, n° 8, 1910, pp. 377-387.
 — The Schizogony of life-cycle of *Sarcocystis muris*. *Proc. Soc. exper. Biol. a Med.*, t. XI, n° 5, 20 mai 1914, pp. 152-153.
4. KASPAREK. — *Centralbl. f. Bakt.*, 1895, XVIII, p. 327.
5. KOCH. — Die experimentelle Uebertragung der Miescherschen Schläuche. *Berl. Klin. Woch.*, n° 12, 1904, p. 321.
6. MOULÉ. — Des Sarcosporidies et de leur fréquence principalement chez les animaux de boucherie. Paris, 1889.
7. NÈGRE. — Sarcosporidiose expérimentale. *C. R. Soc. Biol.*, séance du 26 octobre 1907, t. LXIII, p. 374.

8. NEGRI. — Observations sur les Sarcosporidies. *R. C. Acc. dei Lincei*, vol. XVII, fasc. 10, 17 mai 1908.
9. TH. SMITH. — The production of sarcosporidiosis in the mouse by feeding infected muscular tissue. *Journal of exper. medicine*, vol. VI, n° 1, 29 novembre 1901.
- Further observations of the transmission of *Sarcocystis muris* by feeding. *Journ. of Medic. Research*, t. XIII, mai 1905, pp. 429-430.

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 16 avril 1918.

Le Doyen de la Faculté des Sciences

PAUL APPELL.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

L. POINCARÉ

